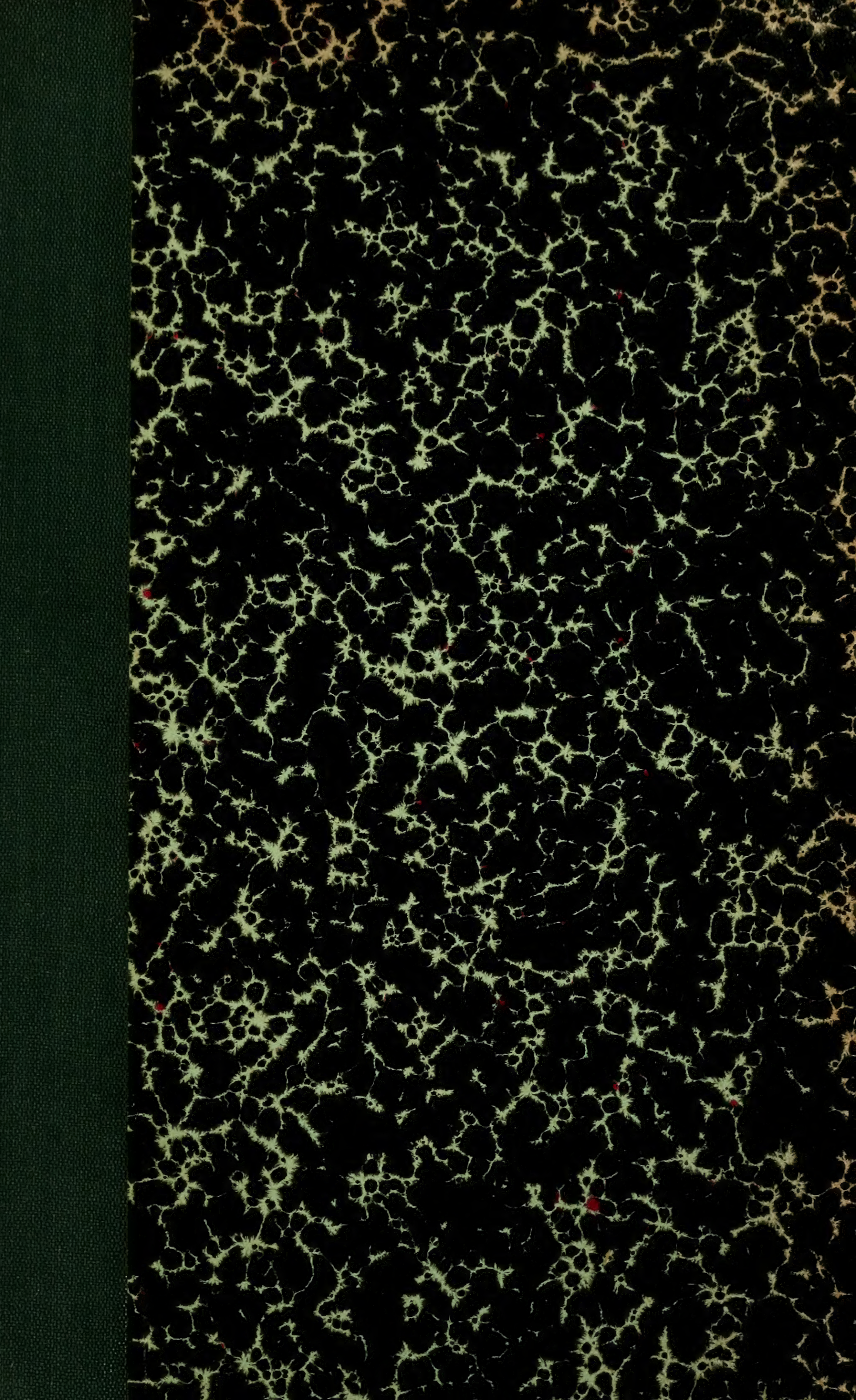
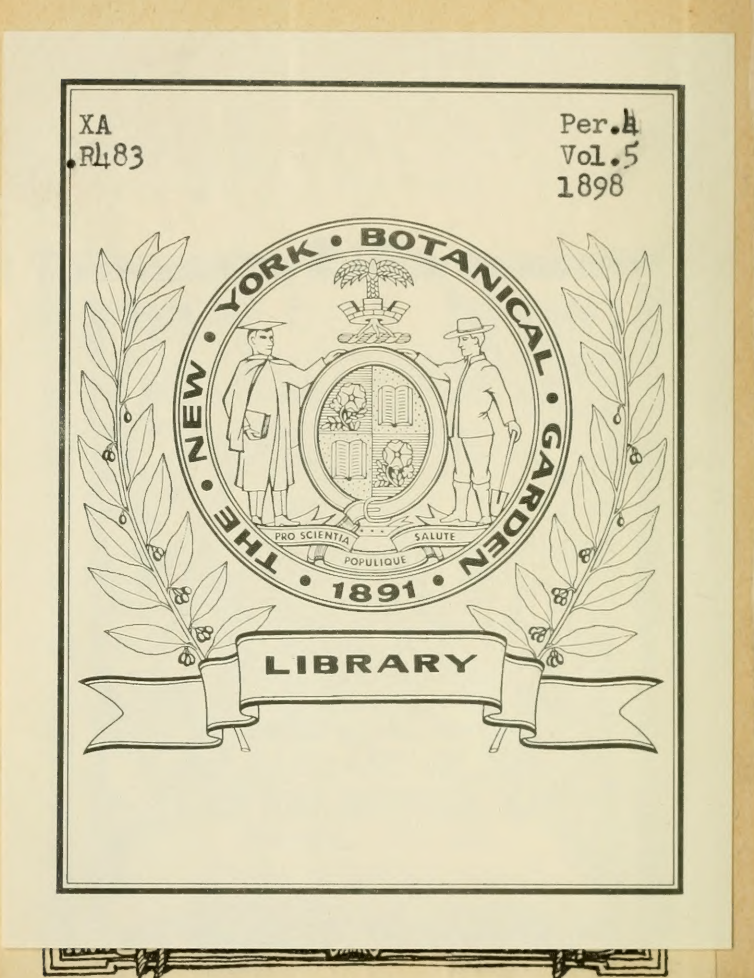



THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
1891
LIBRARY

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Impr. Rey & Malavallon, 18, Pélisserie
précédemment Aubert-Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT TROISIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME CINQUIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18.

LAUSANNE
G. BRIDEL ET Cie
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, A BALE

1898

SUR LE ROLE DES COMPOSÉS FERRIQUES

ET DES

MATIÈRES HUMIQUES

DANS LE PHÉNOMÈNE DE

LA COLORATION DES EAUX

ET SUR L'ÉLIMINATION DE CES SUBSTANCES SOUS L'INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SOLAIRE

PAR

W. SPRING

Professeur à l'Université de Liége.

J'ai montré, il y a déjà longtemps[1], que les diverses teintes des eaux des lacs et des mers pouvaient avoir pour cause la présence de particules solides, incolores par elles-mêmes, mais de dimensions si petites qu'elles ne se déposent pour ainsi dire plus par le repos. Suspendues dans l'eau, comme un fin brouillard se tient dans l'air, elles constituent un milieu trouble, particulier, doué de la propriété d'offrir moins de résistance au passage des rayons lumineux peu réfrangibles.

La lumière, passant par un tel milieu, aura donc une teinte jaune-orange plus ou moins prononcée qui, par sa combinaison avec la couleur bleue propre à l'eau pure

[1] *Bull. de l'Académie roy. de Belgique*, 3me série, t. V, p. 55-84, 1883 et t. XII, p. 814-857, 1886.

produira, pour notre œil, une couleur verdâtre dont la nuance dépendra de l'intensité relative du trouble.

Cette explication a l'avantage de rendre facilement compte des phénomènes d'illumination des eaux de la nature. En effet, si l'eau était absolument limpide, elle serait un milieu optiquement vide, c'est-à-dire incapable de diffuser la lumière incidente : en un mot, elle nous paraîtrait sombre, noire même, dans les régions assez profondes pour que le fond ne reçoive plus de lumière.

Plus tard, j'ai montré que les courants de convection calorifique pouvaient aussi jouer un rôle dans le phénomène de l'illumination[1]. Enfin, les sels incolores dissous dans l'eau de la mer opposent de leur côté, au passage de la lumière une résistance qui paraît être en relation avec le degré d'*ionisation*, c'est-à-dire de *dissociation électrolytique*[2].

On le voit, le résultat de ces expériences a ceci de particulier qu'il dispense de recourir à des substances colorées pour expliquer les nuances, si variées, des eaux de la nature. Cette simplification est nécessaire dans certains cas, car, comme je l'ai fait remarquer dans mon premier travail, il est des eaux vertes dans lesquelles l'analyse chimique a été impuissante pour trouver une proportion de substances naturellement jaunes ou brunes, suffisante pour exercer une influence sensible. Mais il n'est pas moins vrai que dans un grand nombre de cas, les substances colorées contenues dans l'eau pourront jouer un rôle prépondérant au point qu'on sera porté à

[1] *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 4me série, t. I, p. 201, 1896.

[2] *Ibid.*, 4me série, t. II, p. 5, 1896.

leur attribuer surtout, sinon exclusivement, la cause de la teinte verte, ou jaunâtre, de certaines eaux.

Les substances colorées en jaune ou en brun qui se rencontrent le plus fréquemment dans nos eaux sont les combinaisons ferriques et les matières humiques. C'est à l'aide de ces dernières surtout, que Wittstein s'est expliqué[1] la diversité de couleur des lacs et des rivières. Je me propose, dans ce travail, d'examiner quelle proportion de ces substances l'eau doit renfermer pour que l'influence de leur couleur l'emporte dans le phénomène de la coloration.

Cet article se divisera donc en trois parties. La première comprendra les essais faits au moyen des combinaisons ferriques; la deuxième, les essais exécutés à l'aide des matières humiques et la troisième, le résultat obtenu par l'emploi simultané de ces matières. A ce propos, je dirai, dès maintenant, que j'ai constaté l'*incompatibilité* des matières humiques et des composés ferriques, surtout à la lumière. Si une eau reçoit, par suite de circonstances particulières, à la fois, des matières humiques et des composés ferriques, il se produit aussitôt un travail d'élimination qui ne cesse que par la précipitation ou la destruction totale de l'une des substances antagonistes. Dans la plupart des cas même, celles-ci succombent toutes deux dans la lutte de sorte que l'eau demeure épurée au point où nous la trouvons dans les grands lacs et dans l'océan. La troisième partie de cette étude traitera donc plutôt de l'*élimination* des matières colorées que de leur action collective.

[1] *Vierteljahrsschrift f. prak. Pharmacie*, t. X, p. 342, 1861.

1° De l'influence des composés ferriques.

Il résulte de l'ensemble des études qui ont été faites sur les solutions des sels ferriques que ceux-ci sont totalement dissociés à l'état d'acide et d'hydrate de fer colloïdal dès que la solution est tellement étendue que sa coloration soit à peine sensible sur une épaisseur d'une vingtaine de centimètres[1]. Le composé ferrique qui se rencontre dissous dans les eaux limpides naturelles doit donc être de l'hydrate colloïdal. Pour reproduire cet état, il importe peu que l'on ajoute l'un ou l'autre sel ferrique à l'eau destinée à l'examen, pourvu que l'acide d'où dérive le sel ne soit pas lui-même coloré : chlorure, azotate, sulfate ou silicate ferrique dégageant chacun de l'hydrate ferrique colloïdal dans la solution. En conséquence de cette remarque je me suis borné à faire usage, dans mes essais, du sel que l'on peut préparer le plus commodément à un titre déterminé : le chlorure ferrique.

La question à résoudre était celle de savoir quelle proportion d'hydrate ferrique colloïdal l'eau pure, bleue, peut contenir sans préjudice sensible pour sa couleur et pour quelle proportion l'eau devient nettement verte ou nettement jaune.

A cette fin, j'ai dissous d'abord gr. 0,700 de fer pur dans l'eau régale. Ce poids de métal équivaut à 1 gramme de Fe_2O_3, ou à gr. 1,337 d'hydrate $Fe_2 (OH)_6$. Après dessiccation complète du produit au bain-marie, je l'ai dissous dans *un litre* d'eau pure, distillée dans un appa-

[1] Voir mon article sur l'*hydrolyse du chlorure ferrique. Bull. de l'Académie royale de Belgique*, 3me série, t. XXXIV, p. 255, 1897.

reil de platine. J'ai donc eu de la sorte une solution jaune brun, au titre exact de 1 pour 1000. Elle a été diluée ensuite de plus en plus et examinée, après chaque degré de dilution, dans un tube de 5 mètres de long. Voici le résultat des observations :

Titre de la solution			Couleur
1	pour	10.000	brun-acajou sombre.
1	»	100.000	jaune foncé.
1	»	1.000.000	jaune.
1	»	2.000.000	jaune d'or.
1	»	4.000.000	jaune avec pointe de vert.
1	»	6.000.000	plus jaune que verte.
1	»	8.000.000	vert d'herbe.
1	»	10.000.000	verte avec pointe de bleu.
1	»	12.000.000	vert plus bleu.
1	»	18.000.000	bleu verdâtre.
1	»	20.000.000	bleu avec pointe de vert.
1	»	24.000.000	bleu comme l'eau pure.

On le voit, pour que le bleu de l'eau pure ne se trouve pas entamé par la présence du composé ferrique, il faut que celui-ci soit dispersé dans 24 millions de fois son poids d'eau.

Ce résultat conduit à une conséquence inattendue. Pour la saisir, voyons quelle proportion de composés ferriques renferment, en général, les eaux naturelles. Je ne ferai état que des analyses qui méritent toute confiance : elles ne sont pas nombreuses.

M. le prof. Chuard, de Lausanne, a bien voulu procéder à un dosage du fer contenu dans le lac Léman, à la suite d'une demande que j'avais adressée, à ce sujet, à

M. Forel. Il me sera permis de lui réitérer ici mes remerciements pour son obligeance.

En opérant sur 14 litres d'eau, M. Chuard a trouvé que le Léman renferme gr. 0,00033 d'oxyde ferrique Fe_2O_3 par litre, soit 1 gr. d'oxyde ferrique pour 3030 litres ou 1 d'oxyde ferrique pour 3030303 d'eau. Or, d'après le tableau précédent, l'eau chargée de cette proportion de fer est *jaune* et non *bleue* comme le Léman. Pour contrôler le fait, j'ai préparé une solution au titre exact de 0,00033 de Fe_2O_3 par litre et j'ai pu constater qu'en effet, *elle est jaune sans trace de bleu* sur 5 m. d'épaisseur.

D'autre part, l'eau de la Meuse est verte quand, à la suite d'un temps sec de longue durée, elle est arrivée à sa plus grande limpidité. Or j'ai fait, en 1883-1884, en collaboration avec M. le Dr E. Prost[1], chaque jour, une analyse de l'eau de ce fleuve ; je déduis de ces recherches comme moyenne de toute une année, que l'eau *filtrée* de la Meuse renferme 0,0007031 de Fe_2O_3 par litre (soit donc 2,13 fois plus que le Léman), ou 1 d'oxyde ferrique pour environ 1,500,000 d'eau. Une telle solution est nettement *jaune* et non verte, d'après le tableau précédent.

Si l'on passe aux analyses qui ont été faites à l'aide d'autres eaux naturelles, analyses qui paraissent avoir été exécutées dans de bonnes conditions, on formera un tableau que je crois utile de reproduire ici, au regard de l'importance que me paraît avoir pour l'hydrologie en général, le fait que je signale :

[1] *Annales de la Société Géologique de Belgique*, t. XI, 1884.

Eaux	Fe_2O_3 dans 1 litre	Observateurs
Mer Baltique	0,00085	C. Schmidt (*Jahresbericht der Chemie*, 1877, p. 1370).
Mer Blanche	0,00143	
Océan Glacial	0,00143	
» Atlantique	0,00143	
» Indien	0,00214	
Mer Rouge	0,00314	
Mer Caspienne	0,00071	
Mer à Nice	0,00700	Boussingault (*Comptes Rendus* t. **74**, p. 1353).
Seine	0,00040	
Marne	0,00150	
Puits de Grenelle	0,00160	
Rhin (Cologne)	0,00012	H. Vohl (Dingler J. t. **199**, p. 311).
Moldau (Prague)	0,00024	Stolba (*Jahresbericht*, 1873, p. 1233).
Danube (Vienne)	0,00027	Wolfbauer (*Monatsch. f. Chem.* t. **4**, p. 417).
Lac de Gmunden	0,00100	Godeffroy (*Jahresbericht*, 1882, p. 1623).
Lac bleu de Kukunor Tibet	0,00170	C. Schmidt (*Ibid.* 1877. p. 1370).

On voit, d'après l'échelle des couleurs des solutions ferriques, que la proportion d'oxyde ferrique est telle, dans chacune de ces eaux, qu'aucune, pour ainsi dire, ne peut être ni bleue, ni même verte : seule l'eau du Rhin renferme assez peu de fer pour ne pas se trouver trop en désaccord avec sa couleur. En revanche, s'il n'y a pas d'erreur dans l'analyse de l'eau de la mer à Nice, il y aurait 1 d'oxyde de fer dans 150,000 parties d'eau (nombre rond), car $\frac{1000}{0,007} = 142,859$; à ce compte la Méditerranée serait jaune brunâtre au lieu d'être bleue.

Il paraît donc certain que, dans les eaux de la nature,

le fer ne se trouve pas à l'état ferrique formant une solution physiquement homogène, comme celles que nous préparons dans les laboratoires. Nous trouverons la solution du problème dans la troisième partie de ce travail, où nous verrons qu'une partie des matières humiques forme, avec l'hydrate de fer colloïdal, *une combinaison insoluble* qui va s'éliminant tandis qu'une autre partie des matières humiques se précipite à la suite d'une *oxydation* causée par le composé ferrique qui passe alors à l'état *ferreux* d'un pouvoir colorant vert, sans importance ici.

2° Influence des matières humiques.

Pour me procurer des matières humiques convenables j'ai puisé de l'*eau noire* des tourbières du plateau de *La Baraque Michel:* c'est le plateau le plus élevé de la Belgique. Je pouvais être certain de recueillir, de cette manière, de l'eau non souillée par des produits industriels ou autres, et ne renfermant, véritablement, que les composés solubles, bruns noirs, de la tourbe. Il y a donc toute apparence que la matière dont j'ai fait usage se rapproche beaucoup, sinon tout à fait, des matières humiques que l'on peut rencontrer dans les eaux naturelles dites pures.

De fait, l'eau puisée était noire comme de l'encre par réflexion sur place, mais brune comme du café léger par transparence, sur une épaisseur de vingt centimètres. Elle s'est laissé filtrer sur un filtre de papier, bien qu'avec grande lenteur ; ceci prouve que la matière brune n'est pas en solution parfaite. La densité était de 0,99885 à 23,5. Comme à cette température l'eau pure a une densité de 0,99759, l'eau de tourbe était donc $\frac{0,99885}{0,99759} = 1,0012$ fois plus dense.

Au spectroscope elle donne un spectre sombre, continu, dans lequel on voit seulement le rouge et le vert, pas de bleu et presque pas de jaune. Elle a une faible réaction acide. Evaporée dans une capsule de platine elle a laissé un résidu noir brillant de gr. 0,1520 par litre. Après destruction des matières carbonées par la calcination à l'air libre, le résidu a pesé gr. 0,0238 ; il y a donc : 0,1520-0,0238 = gr. 0,1285 de matières organiques combustibles par litre d'eau.

On remarquera que la faible proportion des matières minérales (0,0238 par litre) dénote une eau qui n'a guère circulé sur le sol : c'est en somme de l'eau pluviale filtrée lentement à travers une couche de tourbe.

A l'aide de cette eau de tourbière, j'ai déterminé l'influence des matières humiques sur la couleur de l'eau pure. A cet effet, j'ai préparé des mélanges de composition connue avec de l'eau distillée dans un appareil de platine et je les ai examinés dans le tube de 5 m. comparativement à de l'eau pure. Le titre des matières humiques exprime, d'après l'analyse précédente, *le poids total de matières combustibles* contenues dans un volume donné d'eau ; il n'a donc qu'une signification indicative. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Titre (1 en poids de m. humiques)				Couleur
1	pour	500.000	d'eau	jaune brun.
1	»	1.000.000	»	jaune.
1	»	10.000.000	»	vert jaunâtre.
1	»	20.000.000	»	vert.
1	»	30.000.000	»	vert bleuâtre.
1	»	40.000.000	»	bleu verdâtre.
1	»	50.000.000	»	bleu.

Ce tableau démontre l'extrême pouvoir colorant des matières humiques. Elles exercent, sur la couleur de l'eau une influence que l'on peut estimer au double de celle des composés ferriques si l'on compare des poids égaux de matière. Devant ce résultat, on comprend aisément les difficultés que l'on a à surmonter pour préparer, dans un laboratoire, de l'eau véritablement *bleue*, c'est-à-dire *pure* au point de ne pas contenir plus d'un cinquante millionième de matières organiques.

La comparaison de ces résultats avec ce que nous donnent les eaux naturelles sera bien incomplète, car on ne possède pas encore de dosages des matières humiques. Bien plus, les matières organiques des eaux ont été le plus souvent évaluées par la réduction du permanganate de potassium. Cette méthode ne fournit que des données relatives qui ne pourraient être utilisées que si l'eau de tourbière, qui a servi ici, avait été analysée de même par les mêmes opérateurs.

Force nous est donc de resteindre notre comparaison à l'eau de la Meuse pour laquelle j'ai opéré un dosage des matières organiques par combustion, comme pour l'eau de tourbière.

Or, 1 litre d'eau de Meuse filtrée donne, en moyenne, gr. 0,112 de matières combustibles, donc une partie, en poids, de matières combustibles se trouve dans $\frac{1000}{0,112} = 8928$, soit 9000 parties d'eau.

La conclusion est évidente : si les matières combustibles de l'eau de la Meuse étaient des matières humiques, brunes, solubles comme celles de l'eau de tourbière, le fleuve nous paraîtrait un fleuve noir comme de l'encre; au moins cela ressort-il du tableau précédent.

En somme les matières organiques des eaux ne peuvent pas plus *être simplement des matières humiques dissoutes* que les composés ferriques ne peuvent se trouver à l'état de dissolution physique. Leur proportion est plus de mille fois celle qui serait compatible avec la teinte de l'eau.

Nous allons voir, à présent, comment les choses s'arrangent quand on fait une reproduction plus complète d'une eau naturelle ; c'est-à-dire quand on réunit le composé ferrique avec les matières humiques.

3° De l'élimination réciproque des composés ferriques et des matières humiques.

En suite des résultats précédents on doit s'attendre à obtenir un liquide d'un brun très sombre en réunissant le composé ferrique et les matières humiques dans un même volume d'eau. L'expérience a fait voir que l'effet produit est complètement opposé aux prévisions : loin d'obtenir un liquide plus sombre, on constate un éclaircissement de l'eau après un temps d'autant moins long que la matière se trouve sous l'action d'une lumière plus intense. Le travail de clarification est donc dû à des influences physiques et chimiques. Pour démêler les phénomènes il est nécessaire de procéder par examens simples, successifs. Après avoir constaté par des expériences préliminaires, le fait inattendu que je viens de rapporter, j'ai procédé à des observations plus précises dont voici la relation.

a) *Réaction de l'oxyde ferrique avec les matières humiques.*

Un litre d'eau de tourbière (voir la composition plus

haut) a reçu 5 cc. d'une solution neutre de chlorure ferrique au titre de 16 de sel pour 100 d'eau. Cette proportion donne, en poids, environ 3 fois autant d'oxyde ferrique que de matières humiques contenues dans l'eau.

La solution a été abandonnée au soleil. Après 1 heure et demie, environ, la *coagulation* des matières humiques a été évidente. Des flocons noirs s'étaient formés et après quatre heures l'eau était clarifiée sur les trois quarts de sa hauteur, le dépôt descendant de plus en plus lentement à mesure de son rassemblement.

Le liquide clair ne renfermait presque plus de fer. En outre, celui-ci ne se trouvait plus à l'*état ferrique, mais à l'état ferreux,* il était donc réduit au minimum d'oxydation. Une solution de ferricyanure de potassium, employée en quantité équivalente, marquait *en bleu* avec ce liquide, sous une épaisseur de 2 m., tandis qu'elle marquait en brun avec une solution *ferrique* au même titre mais n'ayant pas été au contact des matières humiques.

Je n'ai procédé qu'à un examen qualitatif du liquide, la proportion de composés ferreux et ferriques étant trop faible pour permettre d'arriver à un résultat quantitatif exact.

Il est donc prouvé qne l'oxyde (ou l'hydrate) ferrique est réduit par les matières humiques et qu'il se combine avec elles pour former un composé insoluble.

b) *Influence de la proportion de composés ferriques.*

Pour vérifier si la coagulation des matières humiques est activée par la présence d'une quantité plus grande de fer, j'ai ajouté à l'eau de tourbière, une proportion de solution de chlorure ferrique 6 et 30 fois plus forte que

dans le cas précédent et, à ma grande surprise, je dois le dire, la coagulation a été *ralentie* et non activée. Ce n'est que le lendemain que l'eau chargée 6 fois autant que celle du § précédent, accusait un développement de flocons; quant à l'eau chargée 30 fois autant, elle est demeurée dans son premier état. Toutefois, les solutions étaient passées, en partie, à l'état ferreux; mais la plus chargée de fer était beaucoup moins réduite, toute proportion gardée.

Cette expérience prouve qu'un excès de composé ferrique nuit à la précipitation des matières humiques. C'est que, sans doute, la solution de chlorure ferrique n'agit que par sa partie hydrolysée à l'état d'oxyde. Ce serait cet oxyde qui oxyderait la matière organique et qui se combinerait avec les substances humiques qui possèdent, comme on sait, une *fonction acide* faible.

On sait, d'après les travaux de Antony et Giglio[1] que la décomposition du chlorure ferrique en hydrate colloïdal et en acide chlorhydrique est complète pour une dilution de 0,00083 p. c. On remarquera que cette dilution est précisément de l'ordre du titre en fer des eaux naturelles.

Il résulte de là que la précipitation des humates de fer, c'est-à-dire la clarification de l'eau, marchera plus rapidement dans les eaux peu ferrugineuses, d'autant que ce sont aussi celles-là qui permettront à la lumière de les pénétrer le plus profondément. Les eaux d'un fleuve à clarification lente se dépouilleront donc rapidement après qu'elles se seront jetées dans un lac ou dans une mer limpide. Ne serait-ce pas pour ce motif que les

[1] *Chemiker-Zeitung. Repertorium.* p. 325; 1895.

fleuves, même les plus chargés de composés colorés, n'altèrent pas l'eau de la mer bien loin de leur embouchure? Sterry Hunt[1] a déjà fait observer que l'eau du Mississipi, qui tient 1 à 2 millièmes de substances en suspension, se clarifie en 12 à 18 heures par sa dilution avec l'eau de mer. S. Hunt trouve là la raison du dépôt de limon à l'embouchure de ce fleuve dans le Golfe du Mexique. Si, à la vérité, la précipitation peut être facilitée aussi par l'action des sels de la mer, on reconnaîtra, je pense, qu'elle n'est pas nécessairement la conséquence exclusive du sel marin. Des recherches, non encore terminées, m'ont prouvé que le sel marin n'a pas toujours un rôle *accélérateur*, mais qu'il contrarie le dépôt de certaines matières, notamment de la *silice* et des *matières humiques*. Je reviendrai d'ailleurs sur ce point dans un article à venir.

c) *Limite de l'action des composés ferriques.*

En vue de contrôler l'exactitude des conclusions précédentes, j'ai cherché si l'on peut constater une limite de concentration en dessous de laquelle les composés ferriques cessent d'agir. A cet effet, au lieu d'opérer avec des solutions plus concentrées, j'ai diminué au contraire. de plus en plus, la proportion de fer. Pour abréger je ne mentionnerai que le résultat final.

Si l'eau de tourbe renferme seulement un poids d'oxyde ferrique égal au dixième du poids des matières humiques, la précipitation est très lente et elle n'est que partielle : le liquide demeure trouble. Ajoute-t-on, alors,

[1] *Chem.: News*, t XXX, p. 97.

un second dixième d'oxyde de fer (sous forme de $FeCl_3$ dissous), la descente des matières humiques commence après quelques instants et le liquide devient limpide.

L'oxyde de fer peut donc précipiter un peu moins de dix fois son poids de matières humiques.

d) *Les matières humiques précipitent totalement l'hydrate ferrique.*

Puisqu'il y a une limite à l'action des composés ferriques, il est tout indiqué d'examiner ce qui se passera quand, dans une eau, les composés humiques l'emporteront sur les ferriques, et réciproquement.

Pour rendre l'examen plus commode et plus sûr, j'ai concentré de l'eau de tourbe au bain-marie; à l'analyse, 100 cc. du liquide concentré ont donné gr. 0,130 de matières organiques.

J'ai ajouté alors à $^1/_4$ de litre d'eau de tourbe concentrée 5 cc. d'une solution de chlorure ferrique au titre de 1,6 p. c. Le liquide s'est rapidement clarifié. Le surlendemain, le liquide limpide, mais encore trouble sous grande épaisseur, *ne contenait plus une trace de fer décelable à l'aide du sulfure d'ammonium,* même en observant à l'aide d'un tube de 2 m. Une solution *témoin* de 5 cc. de chlorure ferrique, au même titre, dans de l'eau pure, a marqué d'une manière manifeste avec le sulfure d'ammonium.

Les matières humiques précipitent donc totalement les sels ferriques en solution étendue.

e) *L'hydrate ferrique ne précipite pas totalement les matières humiques en l'absence de la lumière.*

Pour vérifier ce fait, réciproque du précédent, j'ai pré-

paré un filtre d'hydrate ferrique pur en étalant le précipité en couche de 5 cm. de haut, environ, sur un filtre de papier soutenu dans un cylindre de verre par un disque de porcelaine perforé. Le soir, en l'absence de la lumière, j'ai filtré sur cet hydrate plus d'un litre d'eau de tourbe. Le filtrat était tout à fait décoloré et paraissait limpide sous faible épaisseur, mais examiné dans le tube de 5 mètres, il n'était pas bleu, il était *vert jaunâtre*. La coloration pouvant être attribuée aussi bien à la présence d'hydrate ferrique entraîné qu'à celle de matières humiques non retenues par le filtre, j'ai évaporé le liquide à sec dans une capsule de platine. Le résidu a charbonné et brûlé presque sans résidu quand je l'ai calciné ; il contenait donc des matières organiques. Le faible résidu de la calcination contenait, de son côté, une minime trace d'oxyde ferrique.

Par conséquent, en l'absence de la lumière, l'élimination des matières humiques n'est pas complète.

J'ai procédé ensuite à la filtration, dans les mêmes conditions, d'une nouvelle portion d'eau de tourbière. Cette fois, le filtrat a reçu quelques gouttes de chlorure ferrique et il a été exposé à la lumière pendant 10 jours (du 3 au 13 sept.). Il a été traité alors dans la cucurbite de l'alambic en platine[1] par un peu d'ammoniaque pour précipiter l'hydrate ferrique en excès et il a été maintenu au bain-marie jusqu'au rassemblement complet de cet hydrate ferrique. Après décantation, l'eau a été chauffée une deuxième fois et abandonnée au repos pendant quelques jours pour s'assurer si tout l'hydrate ferrique était

[1] Si l'on opère dans un vase en verre, l'eau se charge de silice et ne redevient jamais limpide.

bien déposé. Examinée alors dans le tube de 5 m., elle était *vert bleuâtre*. Par évaporation à sec, j'ai encore constaté la présence d'un peu de matières organiques.

Si, à la vérité, l'élimination des dernières traces de matières organiques n'a pas été absolue, il n'est pas moins vrai que l'exposition de l'eau à la lumière, en présence d'un composé ferrique, en a diminué la proportion au point de faire virer la couleur du *jaune verdâtre* au *vert bleuâtre*.

L'action de l'hydrate ferrique paraît donc s'exercer en deux phases : dans la première se produit la coagulation de la partie colloïdale, gélatineuse, des matières humiques : l'intervention de la lumière n'est pas indispensable alors : dans la seconde, au contraire, les matières humiques non coagulées sont oxydées sous l'influence de la lumière et, perdant probablement de leur hydrogène, elles s'acheminent vers les substances noires, insolubles, que l'on rencontre si souvent dans la nature, notamment dans les combustibles minéraux.

f) *L'oxyde ferrique agit parce qu'il oxyde.*

Dans le § *a* j'ai montré qu'un composé ferrique est réduit à l'état ferreux par les matières humiques avec la plus grande facilité, sous l'action de la lumière. Les matières humiques s'oxydent donc nécessairement ; mais il ne résulte pas encore de là que cette oxydation soit, comme je l'ai dit, cause de l'*insolubilisation* ; celle-ci pourrait être attribuée plutôt à la formation des humates ferriques ou ferreux. Pour vérifier le fait, j'ai soumis l'eau de tourbe à l'oxydation en l'absence d'une base capable de former un humate.

A cet effet, j'ai additionné de l'eau de tourbe de quelques centimètres cubes d'une solution de peroxyde d'hydrogène *distillée*, au titre de 10 p. c. environ, et je l'ai exposée à la lumière, en plaçant dans les mêmes conditions, comme témoin, un même volume d'eau de tourbe additionnée d'eau pure.

La clarification de la portion chargée de peroxyde d'hydrogène ne s'est pas fait attendre. Le lendemain, déjà, le liquide était presque limpide. Après 10 jours il était devenu tout à fait limpide. Sa couleur (sur 2 m.) était néanmoins jaune verdâtre. Alors il a reçu encore quelques cc. de H_2O_2 et après 10 jours *l'eau était redevenue presque bleue.*

Cette expérience démontre bien, je crois, l'effet de l'oxygène et de la lumière sur les eaux naturelles. Si l'oxydation des matières humiques se faisait exclusivement à l'aide de l'eau oxygénée, elle serait bien lente, car les pluies n'apportent, avec elles, que des traces de ce composé. Mais le grand véhicule de l'oxygène, ce sont les composés ferriques parce que, s'ils sont réduits par les matières organiques, ils retrouvent dans l'air et dans l'eau elle-même de l'oxygène dissous avec lequel ils repassent à leur première formation pour recommencer un nouveau cycle d'opérations.

g) *L'élimination des matières humiques se fait aussi, mais moins complètement, sous l'action d'oxydes autres que l'oxyde ferrique.*

Il importait de s'assurer si, dans le phénomène de la formation des humates insolubles, l'oxyde ferrique a une action spécifique, ou s'il peut être remplacé par d'autres

bases. J'ai examiné, à ce point de vue, l'*alumine* qui accompagne presque toujours l'oxyde ferrique dans les eaux, puis la *chaux*, la *baryte* et l'*hydrate de cuivre*.

L'alumine employée à dose équivalente à l'oxyde ferrique coagule les matières humiques mais moins vite et jamais totalement ; sans doute parce que cette base ne peut servir de véhicule à l'oxygène.

La chaux et la baryte agissent aussi, mais avec des intensités différentes. L'eau de tourbe chargée de baryte jusqu'à réaction alcaline naissante était clarifiée le lendemain, tandis que l'essai à la chaux ne l'était pas encore.

L'hydrate de cuivre produit un effet comparable à celui de l'alumine.

Résumé et conclusions générales.

Les expériences précédentes montrent que si les eaux de la nature renfermaient leurs matières organiques à l'état de *substances humiques dissoutes* et leur fer à l'état de *composés ferriques*, elles seraient toutes d'un brun plus ou moins foncé et sans transparence. Dans ces conditions, nous n'eussions jamais connu le bleu de la Méditerranée ni l'azur de l'océan.

Mais, sitôt au contact, les matières humiques et les composés ferriques commencent un travail d'élimination. Avec l'aide de la lumière solaire, les matières organiques réduisent partiellement les composés ferriques et les convertissent en dérivés ferreux, verts, mais dont le pouvoir colorant est sans importance comparé à celui des composés ferriques. Sous l'action de l'oxygène qu'elles ont absorbé, les matières humiques ont acquis, sans doute,

un caractère acide plus marqué : elles forment alors plus facilement des sels avec les bases à leur portée (oxydes de fer, d'alumine, etc.) et se déposent lentement, grâce à l'insolubilité de ces sels. Les composés ferreux demeurés en solution s'oxydent ensuite au contact de l'oxygène de l'air ou de l'oxygène dissous dans l'eau ; ils repassent donc à l'état ferrique et ils sont de nouveau en activité vis-à-vis des matières organiques non encore précipitées. En un mot, les composés ferriques fonctionnent dans les eaux de la nature d'une manière analogue à l'hémoglobine dans le sang des animaux. Celle-ci est regardée comme le véhicule de l'oxygène ; elle s'en approvisionne dans les poumons et le transporte dans l'organisme. Les matières organiques des eaux sont donc plongées dans un milieu qui les brûle, comme le corps des animaux est irrigué par un liquide oxydant.

De ce jeu des composés ferriques et des matières organiques sous l'influence de la lumière, il résulte un état d'équilibre apparent entre l'oxygène de l'air et les composés ferreux. Si l'intensité de la lumière devient plus forte, la proportion de l'état ferrique diminuera puisque l'activité de l'oxydation des matières organiques sera plus grande : l'eau plus appauvrie alors en composés jaunes ou bruns, devra prendre des tons bleus de plus en plus prononcés. Si, au contraire, l'intensité de la lumière faiblit, le travail d'élimination se ralentira et l'arrivée des matières colorées ne diminuant pas pour ce motif, l'eau devra prendre des tons de plus en plus verts et même jaunes.

On s'explique donc aisément pourquoi les eaux les plus ensoleillées sont aussi généralement les plus bleues.

Si la proportion de fer est très faible relativement à

celle des matières humiques, il est évident que l'élimination de ces dernières se fera avec une lenteur qui pourra devenir extrême : elles communiqueront alors leur teinte brune, noire même, au milieu dans lequel elles se trouvent. Les eaux noires des régions équatoriales de l'Amérique du Sud contiennent, d'après A. Muntz et V. Marcano[1], gr. 0,028 *d'acides humiques libres* par litre, c'est-à-dire seulement 4, 5 fois moins que l'eau de tourbière, noire, que j'ai puisée sur le plateau de La Baraque Michel, en Belgique. Wittstein fait déjà remarquer, dans son travail sur la couleur de l'eau[2], que les eaux brunes de la Bavière sont remarquables par leur douceur : elles ne renferment presque pas de matières minérales.

Mais si la proportion de fer est relativement notable, le contraire se produira, c'est-à-dire l'élimination totale, ou peu s'en faut, des matières organiques. A. Almen[3] appelle, à cet égard, l'attention sur la pureté de l'eau des grands lacs de la Suède : le Wettern See serait même presque exempt de matières organiques.

En dehors de ces cas extrêmes on a le plus généralement celui où les eaux qui ont passé sur le sol renferment le fer et les matières organiques en proportion qu'on peut qualifier *d'ordinaire*. Alors, si l'on met hors cause le cas où elles seraient manifestement troubles, ces eaux représentent un milieu *vert sombre*, comme celui de nos fleuves en général, celui de la Meuse en particulier, milieu caractérisé par l'absence de *profondeur* de la coloration, l'eau elle-même manquant de cette transparence

[1] *Comptes Rendus*, t. 107, p. 231.
[2] *Vierteljahrsschrift f. prak. Pharm.*, t. X, p. 346.
[3] *Berichte d. deutsch. chem. Gesell*, t. IV, p. 750, 1871.

que l'on constate dans les lacs ou dans l'océan. Telle serait donc l'effet produit par la présence simultanée du fer et des matières organiques.

Mais à mesure que le fleuve déroule ses eaux au soleil, le travail d'épuration s'achève. Si le cours est assez long, il pourra être même terminé avant le retour des eaux à la mer. C'est ce qui arrive pour le Nil ; ses eaux sont vertes vers les régions supérieures, à l'époque des basses eaux, bien entendu, tandis qu'elles deviennent de plus en plus bleues à mesure qu'elles s'approchent de l'embouchure. On remarquera que dans le cas de ce fleuve il faut exclure la supposition d'un afflux d'eaux étrangères pour expliquer le changement de coloration. C'est l'eau du Nil elle-même qui change de composition à mesure qu'elle s'écoule.

Ainsi s'expliquent les tons bleus plus foncés de la haute mer et en général des grandes masses d'eau, alors que la composition élémentaire de ces eaux ne permet de saisir aucune différence notable.

La facilité de la combinaison des matières humiques avec l'oxyde de fer nous fait comprendre aussi pourquoi tous les dépôts ferrugineux minéraux sont toujours chargés de matières organiques. Les *limonites des prairies* et les *ocres* ont même été recommandés pour la préparation des composés humiques.

Liège, Institut de Chimie générale, 5 octobre 1897.

SUR LES MODIFICATIONS

MÉCANIQUES, PHYSIQUES ET CHIMIQUES

QU'ÉPROUVENT LES DIFFÉRENTS CORPS

PAR L'AIMANTATION

PAR

Le Dr HURMUZESCU

Professeur à l'Université de Iassy.

(Troisième note[1], avec planches I et II.)

MAGNÉTISME ET REACTIONS CHIMIQUES, FORCE ÉLECTROMOTRICE D'AIMANTATION.

Historique.

De nombreux savants ont essayé depuis longtemps de mettre en évidence l'influence du magnétisme sur les actions chimiques et surtout à la suite de la belle découverte de Chr. Oersted; mais tous les expérimentateurs se sont buttés au même résultat négatif. Après tant de tentatives infructueuses[2], la question semblait délaissée, lorsque la découverte de M. Ira Remsen, en 1881, ramena de nouveau l'attention des savants sur ce sujet.

Voici en quoi consiste cette expérience de M. Remsen[3] :

Lorsque dans une petite cuve en fer mince posée à

[1] Pour les deux premières notes, voir *Archives*, 1897, t. IV, p. 431 et p. 540.

[2] Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus von G. Wiedemann., t. III, p. 967.

[3] H. V. Jueptner. L'influence du magnétisme sur les métaux au point de vue électrolytique. *Lumière Electrique,* t. X, p. 468.

cheval sur les deux pôles d'un fort aimant Jamin, on verse une solution de sulfate de cuivre, le cuivre remplacé dans le sel par le fer, au lieu de se déposer uniformément comme dans le cas ordinaire, se dépose suivant des lignes d'intensité d'aimantation constante. Leur équation serait :

$$I = c^{te}$$

La forme de ces courbes est à peu près celle des lignes équipotentielles magnétiques, c'est-à-dire à angle droit des lignes du fantôme magnétique obtenu avec la limaille de fer. Sur les parties de la plaque où le fer est le plus fortement aimanté, le cuivre se dépose moins; donc le fer aimanté est moins attaqué par l'acide.

Bientôt après, MM. Nichols et Franklin[1] trouvèrent que le fer, devenu passif par son contact avec de l'acide azotique concentré, était attaqué par cet acide dès qu'on le mettait dans un fort champ magnétique.

Si par l'effet de l'aimantation un morceau de fer devient plus ou moins attaquable par un acide, on peut penser de même que la force électromotrice d'une pile, dont une des électrodes est en fer, change suivant le champ magnétique dans lequel elle se trouve. Et en vérité, MM. Nichols et Franklin observèrent qu'entre deux fils de fer plongeant dans un même liquide capable d'agir sur le fer, il se produit une différence de potentiel dès que l'une des électrodes est aimantée. Cette force électromotrice d'aimantation très irrégulière en grandeur, change de sens, suivant que la portion de surface, par laquelle l'électrode aimantée prend contact avec le li-

[1] Nichols et Franklin. *American Journal of Science*, t. XXXI, XXXIV et XXXV.

quide, est sur la région neutre ou sur l'un des pôles magnétiques formés. Ces auteurs concluent que, lorsqu'on arrive à régulariser cette force électromotrice en prenant un acide convenable, le fer aimanté se trouve négatif par rapport au fer non aimanté, c'est-à-dire que le fer aimanté se comporte comme le zinc d'une pile de Daniell; par conséquent le fer aimanté est plus attaquable par l'acide que le fer non aimanté.

MM. Rowland et Bell[1] sont arrivés, de leur côté, à un résultat opposé; dans leurs expériences ils ont obtenu : que le fer aimanté est positif par rapport au fer non aimanté, donc il est moins attaquable que ce dernier. Ils expliquent les résultats contraires de MM. Nichols et Franklin par les actions perturbatrices des sels de fer formés dans la réaction.

Ces phénomènes parasites étaient inévitables dans les expériences précédentes par le fait de la méthode galvanométrique employée, pour évaluer les forces électromotrices d'aimantation. Car le circuit étant fermé et le courant appréciable, relativement il se produit non seulement les phénomènes mal définis de polarisation, mais encore la variation de résistance due à la variation de concentration à la suite de l'orientation des sels de fer dans le champ magnétique.

Déjà depuis 1885, M. Th. Gross[2] avait trouvé que le fer aimanté est négatif par rapport au fer non aimanté, il constate de même qu'entre les différentes parties d'un morceau de fer plongé dans un acide, si on aimante le

[1] Rowland et Bell. *Philosophical Magazine*, t. XXXVI, p. 105.

[2] Th. Gross. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie*, décembre 1885.

fer, il se forme des courants électriques entre ces parties lorsqu'elles n'ont pas la même intensité d'aimantation. M. Th. Gross apporte le premier dans la discussion théorique de ces phénomènes, la considération de la chaleur de combinaison du fer avec l'acide. Il croit que « la chaleur de combinaison du fer avec un acide est plus grande lorsqu'il y a entre eux une énergie magnétique que lorsqu'il n'y en a pas. »

Nous verrons que cette manière de voir est contraire aux résultats théoriques plus rigoureux de M. Janet et de M. Duhem.

M. Andrews[1], dans ses expériences, arrive aux mêmes conclusions que MM. Nichols et Franklin et que M. Gross.

M. P. Janet[2], par des considérations théoriques plus exactes, explique que « la chaleur de combinaison du fer avec un acide est plus grande hors du champ magnétique que dans ce champ. » En s'appuyant sur le principe du travail maximum il déduit que le fer aimanté doit être moins attaquable par l'acide que le fer non aimanté. Donc, il conclut que la force électromotrice d'une pile dont une des électrodes est en fer doit varier suivant le champ magnétique dans lequel elle se trouve, et que l'électrode en fer doit devenir positive par aimantation.

M. Duhem[3] a donné une théorie de ces phénomènes ; le résultat de son analyse pour le cas qui nous occupe, il l'énonce de la manière suivante :

[1] Andrews. *Proced. of the R. S.*, t. XLIV, p. 151; t. XLVI, p. 176.

[2] P. Janet. De l'influence du magnétisme sur les phénomènes chimiques. *Journal de physique*, 2e série, t. VI.

[3] P. Duhem. *De l'aimantation par influence.* Thèse de doctorat 1888. Gauthier-Villars, impr., page 98 et suivantes.

« Lorsqu'une substance magnétique entre en réaction pour fournir une combinaison chimique dont le magnétisme soit négligeable, elle dégage une moindre quantité de chaleur lorsque la combinaison s'effectue dans un champ magnétique que lorsque la combinaison s'effectue en dehors du champ, pourvu que le coefficient d'aimantation diminue ou demeure constant lorsque la température croît. »

De là il déduit, par la considération de la grandeur de la diminution du potentiel thermodynamique, que c'est le fer aimanté qui est le moins attaquable par l'acide.

Quant à la force électromotrice d'aimantation, elle est donnée par la formule suivante :

$$(1) \qquad \varepsilon = \varepsilon_1 - \frac{\lambda}{\delta}\left[\frac{M^2}{F(M)} - \frac{M^2}{2F(\mu)}\right]$$

ε étant la force électromotrice lorsqu'il n'y a pas d'aimantation.

λ une constante positive proportionnelle au poids moléculaire.

δ le poids spécifique du corps magnétique.

M l'intensité d'aimantation.

μ une certaine quantité comprise entre *o* et M et son énoncée est :

« Pour toutes les substances magnétiques connues, l'aimantation diminue la force électromotrice de la pile si la substance magnétique forme l'électrode négative et l'augmente si la substance magnétique forme l'électrode positive. L'inverse a lieu pour les substances diamagnétiques. »

Enfin tout dernièrement, M. Squier[1] a repris ces ex-

[1] Squier. *American Chemical Journal de Baltimore*, t. XIV, et *Lumière électrique*, juin 1893.

périences. Il a employé deux électrodes provenant du même morceau de fer, mais ayant des formes différentes : l'une est taillée en pointe, l'autre est un disque orienté normalement au champ magnétique, enduit de cire sauf la partie centrale. La pointe était disposée à un centimètre du centre du disque et suivant les lignes de force du champ magnétique de l'électro-aimant : les deux électrodes plongeaient dans un liquide formé de 10 grammes d'eau distillée, 1 gramme de gélatine sèche et 0,533 d'acide azotique concentré, de densité 1,415.

L'emploi de ce liquide gélatineux avait pour but, d'après l'auteur, d'empêcher les sels de fer formés de se mouvoir facilement entre les deux électrodes.

Il a trouvé comme résultats de ses expériences qu'aussitôt qu'on excitait l'électro-aimant entre les pôles duquel se trouvait sa pile, l'aiguille du galvanomètre sensible qu'il employait pour mesurer ces forces électromotrices d'aimantation, lui indiquait une déviation correspondant à un courant qui allait de la pointe au disque dans le circuit extérieur. Mais aussitôt après, le courant changeait de sens d'autant plus vite qu'il y a plus de sel de fer formé et que le liquide est moins gélatineux.

Il conclut comme MM. Rowland et Bell que le fer aimanté devient positif par rapport au fer non aimanté, et que les autres effets trouvés sont dus à des actions secondaires et perturbatrices des sels de fer formés par la réaction chmique.

Parmi ces phénomènes étrangers à la quantité qu'on mesure, on peut citer : la polarisation des électrodes, les courants particulaires, l'orientation des sels de fer, formés dans le champ magnétique, et comme conséquence du dernier, la variation de résistance.

Disposition expérimentale.

Etant donnés les résultats peu certains et contradictoires obtenus par les précédents expérimentateurs, il était intéressant au point de vue théorique de pouvoir déterminer expérimentalement l'existence et le sens de cette force électromotrice d'aimantation, comme aussi sa relation avec l'état magnétique du corps employé.

J'ai pensé qu'on pouvait au moins supprimer une partie de ces causes d'erreur, en employant, pour mesurer les forces électromotrices, l'électromètre capillaire à la place du galvanomètre. L'emploi de l'électromètre donne un grand avantage, puisqu'il permet d'avoir un liquide contenant extrêmement peu d'acide, de cette manière l'attaque de l'électrode est très lente, par conséquent beaucoup plus régulière. De même avec cette méthode on n'a plus à craindre les phénomènes de polarisation et de variation de résistance.

D'un autre côté, les électrodes à grande surface de contact, à cause de la non-homogénéité des corps solides, donnent des mesures peu certaines et cela formait une autre cause d'erreur. On peut encore ajouter que l'état magnétique de cette surface de contact était très imparfaitement connu.

Je me suis donc imposé d'obtenir des électrodes bien isolées ayant, avec le liquide, susceptible de les attaquer, des surfaces de contact bien limitées, bien dressées et d'orientation déterminée par rapport au champ magnétique. Pour cela, j'ai employé de préférence des électrodes en fils variant de diamètre entre 0,02 cm. jusqu'à 0,1 cm. et préparées à la Wollaston de manière que le verre

bien fondu emprisonne bien le métal, sans présenter de soufflures. Le bout *a* de l'électrode ainsi obtenue était bien poli sur du papier d'émeri très fin (fig. 1. Pl. I).

Les deux électrodes ainsi préparées étaient fixées à l'aide de bouchons dans les deux branches verticales d'un tube en verre T (fig. 2) plié à angle droit à ses extrémités, la partie horizontale de ce tube avait plus de 30 centimètres de longueur. La branche verticale qui contenait l'électrode *c* était disposée entre les pièces polaires PP d'un fort électro-aimant, tandis que l'autre se trouvait en dehors du champ magnétique. Ces électrodes étaient réunies par des fils métalliques à un commutateur bien isolé C. A ce même commutateur arrivent deux fils *e* et *f* qui amènent une force électromotrice fraction de Daniell ; et les deux électrodes *v* et *v'* d'un électromètre capillaire V sensible aux dix millième de volt. On évalue les forces électromotrices par compensation en employant l'électromètre capillaire comme appareil de zéro.

La mesure du champ magnétique se fait par la méthode du galvanomètre balistique. Dans un même circuit d'un galvanomètre balistique d'un grand moment d'inertie, il y avait deux bobines : une petite bobine plate *s* placée entre les pièces polaires de l'électro-aimant, et une autre de grande surface S dans le champ magnétique terrestre. Le galvanomètre était placé assez loin pour ne pas être influencé directement par le champ magnétique de l'électro-aimant.

Etant donné le faible diamétre du fil de fer et de nickel, on peut considérer que le champ magnétique en dehors de ces fils, là où se trouvait la petite bobine, n'était pas modifié par leur présence.

Lorsqu'on arrachait la bobine *s* de cette position

jusqu'à l'infini, le galvanomètre donnait une déviation α donnée par la relation

$$(2) \qquad \frac{sH}{R} = G\alpha$$

s étant la surface totale de la bobine.

H l'intensité du champ magnétique.

R la résistance totale du circuit.

G la constante du galvanomètre.

En faisant tourner la bobine S dans le champ terrestre de 180° autour d'un axe horizontal, qui est un de ses diamètres, on a l'impulsion α_0 qui satisfait à l'égalité

$$(3) \qquad \frac{2SV}{R} = G\alpha_0$$

S étant la surface totale de cette bobine.

V l'intensité de la composante verticale du magnétisme terrestre.

On a donc la valeur de H par rapport à V

$$(4) \qquad H = V\frac{2S}{s}\frac{\alpha}{\alpha_0}$$

en exprimant V en unités C. G. S. et en prenant pour cette valeur

$$V = 0{,}42$$
$$H = 0{,}42\frac{2S}{s}\frac{\alpha}{\alpha_0}$$

La marche d'une expérience.

Avant chaque expérience on polissait le bout des électrodes une demi-heure au moins avant de les introduire dans le liquide. Une fois introduites dans le liquide on attendait que la force électromotrice parasite eût une

valeur constante. Si les électrodes étaient introduites dans le liquide aussitôt après leur polissage, la force électromotrice parasite était beaucoup plus grande et très irrégulière, on observait parfois une oscillation.

Après ces préparatifs on plaçait une des électrodes, *c* par exemple, entre les armatures de l'électro-aimant, sans les toucher, le tube T étant tenu dans un support bien isolé. On compensait la force électromotrice parasite dans cette position. En excitant le champ magnétique dans l'électro-aimant, on observait à l'électromètre la force électromotrice produite. Il y avait d'abord la force électromotrice due à l'induction réduite à sa plus petite valeur et qui dépend du sens du champ magnétique, puis et presque en même temps une autre *f e* qui croissait jusqu'à une valeur maximum où elle s'arrêtait, on ramenait l'électromètre au zéro par une force électromotrice égale et de signe contraire, en même temps on faisait la mesure du champ magnétique.

Dans certaines expériences on remarquait que cette force électromotrice, après avoir atteint sa valeur maximum, se fixait quelque temps et diminuait très lentement de quelques dix millièmes de volts.

Lorsqu'on supprimait le champ magnétique, l'électromètre revenait vite à son zéro, le dépassait en sens contraire d'une quantité d'autant plus grande que la variation depuis la force électromotrice maximum avait été plus grande. Entre chaque mesure on laissait l'électromètre revenir à son zéro; ainsi dans une série de mesures on partait toujours du même zéro de l'instrument.

Le liquide qu'on a employé de préférence, est une dissolution très faible d'acide oxalique ou d'acide acétique; une goutte ou deux dans 100 c.c. d'eau distillée et

exempte d'air. Avec les autres acides on a des résultats moins beaux.

Parmi les métaux magnétiques employés comme électrodes on a eu : le fer, le nickel ; et le bismuth parmi les diamagnétiques.

Lorsqu'on a pris toutes les précautions citées plus haut, un système fer acide acétique donne des résultats comparables entre eux trois jours après sa formation.

Le calcul de la force électromotrice d'aimantation.

On peut obtenir l'expression de cette force électromotrice d'une manière approchée au moins, par l'application du principe de la conservation de l'énergie et en faisant certaines hypothèses.

Soit notre système (fig. 3) composé de deux électrodes a et b en fer doux plongées dans un liquide quelconque capable de les attaquer. Si l'on introduit entre ces deux électrodes une différence d'aimantation, il se produit une force électromotrice et supposant que le courant qui en prend naissance aille de a vers b à travers le liquide.

Soient Va, Ja le potentiel électrique et l'intensité d'aimantation sur l'électrode a.

Va', Ja' ces mêmes quantités dans le liquide près de a.

V', J'... dans le liquide près de b.

V, J... sur l'électrode b.

Supposons de même que ces quantités sont constantes autour des points considérés.

Pour une quantité dq d'électricité qui passe de a vers b il y a une quantité bdq de fer qui est dissoute en a et une autre ldq déposée en b. Si on néglige les variations d'intensité d'aimantation par suite du déplacement de ce

volume de fer, la variation totale d'énergie magnétique est :

$$\frac{J^2_a}{2k_a} dv_a - \frac{J'^2}{2k'_a} dv'_a + \frac{J^2}{2k} dv - \frac{J'^2}{2k'} dv'$$

k, k'... est la valeur respective de la susceptibilité magnétique; ici c'est une valeur moyenne entre les valeurs de cette quantité depuis $J = o$ jusqu'à $J = J$.

Cette énergie doit se retrouver sous forme de travail électrique, mécanique... comme aussi de toute autre modification qui se produirait dans le système considéré.

Le travail électrique est

$$(V_a - V'_a + V' - V)\, dq$$

D'un autre côté on sait que les corps magnétiques soumis à l'aimantation éprouvent des déformations mécaniques, comme aussi certains effets calorifiques; on aura donc à ajouter les termes :

$$\text{travail mécanique} = \int_{v.}^{v.} T\, dv$$

plus la variation d'une certaine fonction de l'état chimique, physique et d'autres paramètres qui déterminent le système

$$\text{c. a. d.} \qquad F_{(a.b.c..)} - F_{o(a.b.c..)}$$

Donc l'équation complète sera

$$(1) \qquad \frac{J^2_a}{2k_a} dv_a - \frac{J'^2}{2k'_a} dv'_a + \frac{J^2}{2k} dv - \frac{J'^2}{2k'} dv' =$$

$$(V_a - V'_a + V' - V)\, dq + \int_{v.}^{v} T\, dv + [F_{(a.b.c..)} - F_{o(a.b.c..)}]$$

on peut la simplifier en supposant que l'électrode a est en dehors du champ magnétique, son intensité est nulle

$$J_a = J'_a = o$$

en posant

$$E = (V_a - V'_a + V' - V)$$

on a

$$\frac{J^2}{2k} dv - \frac{J'^2}{2k'} dv' = E\, dq + \int_{v.}^{v} T\, dv + [F_{(a.b.c..)} - F_{o(a.b.c..)}]$$

et en remplaçant

$$dv = \frac{ldq}{\delta}$$

$$dv' = \frac{l'dq}{\delta'}$$

on a

$$(2) \qquad \frac{J^2}{2k} \frac{ldq}{\delta} - \frac{J'^2}{2k'} \frac{l'dq}{\delta'} = E\, dq + \int_{v.}^{v} T\, dv + [F_{(a.b.c..)} - F_{o(a.b.c..)}]$$

T étant une certaine tension élastique du corps isotrope δ et δ' des poids spécifiques,
l et l' des équivalents électrochimiques.

Maintenant, pour pouvoir tirer une indication de cette formule, on est forcé d'introduire certaines hypothèses qui se rattachent à la théorie élastique de l'aimantation.

On ne sait pas actuellement si cette force électromotrice d'aimantation prend naissance en même temps et indépendamment des modifications représentées par le deuxième et le troisième terme du second membre de l'équation (2), ou si elle n'est que le résultat de ces modifications chimiques, physiques et autres.

Dans la première hypothèse et pour simplifier la formule (2) on suppose que le fer dissous en a se dépose en b dans le même état chimique, physique et que de plus il n'y a pas de déformation mécanique, il reste alors :

$$(e) \qquad E = \left(\frac{J^2}{2k} - \frac{J'^2}{2k'}\right) \frac{l}{\delta}$$

Cette quantité est positive, donc le courant va dans le circuit extérieur du fer aimanté, donc le fer aimanté est moins attaquable par l'acide que le fer non aimanté.

Si l'on prend la seconde hypothèse, on a pour l'expression de la force électromotrice, en supposant que l'énergie électrique est proportionnelle à la modification physique :

$$\text{(é)} \qquad E = \frac{J^2}{2k}\frac{l}{\delta} - \frac{J'^2}{2k'}\frac{l'}{\delta'}$$

D'après cette dernière formule, l et l' comme aussi δ et δ' seraient variables avec l'intensité d'aimantation dans les corps magnétiques [1].

Si l et δ varient dans le même sens avec l'aimantation, les deux formules (e) et (é) ne différeraient pas quant au sens.

Lorsqu'on peut négliger l'état magnétique du liquide l'expression (e) devient

$$E = \frac{l}{2\delta}\frac{J^2}{k}$$

une parabole pour de très faibles aimantations et pour des corps très peu magnétiques.

En général on ne saurait déterminer d'avance la forme de cette courbe, car on ne connaît pas suffisamment la valeur de k pour les différentes valeurs de J ; mais on pourra l'interpréter, comme nous allons voir plus loin.

Résultats généraux.

Voici maintenant parmi les nombreuses mesures

[1] J'ai pu déjà vérifier la variation de δ; en effet, j'ai vu que les sels de fer en dissolution aqueuse éprouvent des contractions de volume dans les forts champs magnétiques.

qu'on a effectuées sur les différents échantillons des métaux magnétiques ci-dessus nommés, les quelques résultats qui caractérisent le signe et la variation de cette force électromotrice d'aimantation avec l'état magnétique du système considéré.

On peut partager les résultats obtenus en deux catégories : suivant que 1° la surface par laquelle l'électrode prend contact avec le liquide est sur une partie de l'électrode où la densité magnétique superficielle due à l'induction est nulle, 2° ou bien la surface de contact se trouve sur un des pôles formés.

1°) Pour nous trouver autant que possible dans le premier cas, nous avons adopté de préférence la disposition de l'électrode à la Wollaston normale au champ magnétique et prenant contact avec le liquide par son bout inférieur préalablement bien poli sur du papier à l'émeri.

Nous allons exposer les résultats obtenus dans ce premier cas pour le fer.

Fer. Dans toutes ces expériences, l'électrode aimantée était positive par rapport à celle non aimantée. La force électromotrice d'aimantation est indépendante du sens du champ magnétique; elle ne dépend pas non plus de l'acide employé, ni de sa concentration, ni non plus de l'état de sa richesse en sel de fer. Mais lorsque l'acide est très énergique, le système est trop variable et ne garde pas un état permanent, les mesures non plus ne comportent pas assez de précision.

Voici les valeurs de cette force électromotrice en dix millièmes de volt et les champs magnétiques correspondants en unités C. G. S. pour un système formé de deux électrodes Wollaston en fil de fer de 0,05 cm. de diamètre, plongées dans une dissolution très faible d'acide acétique et monté depuis la veille, le 30 mai 1894:

E	H	E	H
20	916	102	3812
25	1039	106	3985
36	1373	117	4548
45	1733	121	5041
55	2036	126	5414
62	2183	133	6105
69	2556	137	6697
79	2772	140	7320
83	2981	80	2785
95	3422		

La dernière mesure est faite pour contrôler que le système n'a pas changé pendant le temps de l'expérience. Si l'on construit une courbe en prenant en axes rectangulaires les valeurs de H en abscisses et les valeurs correspondantes de E en ordonnées, on voit que l'allure générale de cette courbe (Pl. II) se rapproche de celle qui donne l'intensité d'aimantation en fonction du champ magnétique. Elle ne présente pas un point d'inflexion comme la plupart de ces dernières courbes.

Mais nous allons voir d'autres courbes : comme celle donnée par le système suivant : Expérience du 2 juin. Electrode Wollaston de 0,07 cm. de diamètre, dans une faible dissolution d'acide oxalique. Système formé depuis le matin mesuré le soir :

E	H	E	H
11	602	128	3162
22	866	140	3638
60	1540	148	3855
63	1559	155	4158
90	2209	158	4358
107	2612	173	5548
112	2642	102	2469

Cette courbe semble avoir une inflexion pour H=2200. Mais nous allons donner à titre d'exemple deux courbes, (3) et (4), obtenues dans nos mesures et présentant des points d'inflexion bien nets.

La courbe (3), obtenue le 30 juin 1894 avec un système fer (Wollaston) de 0,08 cm. de diamètre et acide acétique, tel qu'il était monté depuis la veille:

E	H	E	H
5	397	155	3068
22	739	165	3321
44	1263	172	3682
72	1781	176	3718
87	2038	198	4729
106	2268	210	5436
113	2452	222	6240
124	2512	229	7042

On voit très bien le point d'inflexion dans le voisinage de H = 2400.

Avec ces électrodes on a effectué plusieurs séries de mesures avec des acides différents ; la courbe obtenue est toujours de même forme et avec le même point d'inflexion.

La courbe suivante (4) est obtenue avec une électrode en fer à la Wollaston de 0,09 cm. de diamètre plongée dans l'eau distillée qui contenait des traces seulement d'acide acétique. Expérience du 8 juin.

Dans cette série de mesures on a commencé par les champs les plus forts :

E	H	E	H
334	5700	176	2076
326	5244	146	1892
306	4788	144	1870
297	4492	110	1471
273	3785	86	1200
262	3420	55	866
273	3782	23	443
226	2581		

Le point d'inflexion est donné pour H = 2200 environ. Dans ces expériences on voit que l'allure générale de ces courbes, tout en dépendant de l'échantillon de fer employé, est la même. C'est-à-dire que la force électromotrice d'aimantation croît d'abord beaucoup plus vite que le champ magnétique jusqu'à une certaine valeur, après quoi, elle croît beaucoup moins vite.

Toutes ces courbes obtenues satisfont au moins d'une manière qualitative à l'équation simplifiée

$$(e) \qquad E = \frac{l}{2\delta}\frac{J^2}{k}$$

Si on connaissait mieux qu'on ne les connaît les valeurs de $k = f(J)$ on pourrait pousser plus loin la comparaison ; mais actuellement nous devons nous borner ici. Il est intéressant de remarquer que dans ce premier cas considéré dans nos expériences, l'état magnétique des sels de fer formés dans le liquide tout près de la surface de l'électrode est absolument négligeable.

On peut s'en rendre compte de la manière suivante de la formule (*é*) : Si on avait la courbe d'aimantation en fonction du champ magnétique, on n'aurait qu'à prendre le carré de l'ordonnée de cette courbe si k était

constant. Mais comme k passe par un maximum pour décroître ensuite, la courbe E doit être au-dessous de la courbe J^2 pour les petites valeurs du champ, la couper pour $k =$ maximum et passer au-dessus après. Cela explique pourquoi les courbes que nous avons obtenues ne tendent pas vivement vers une valeur assymptotique.

Du reste, expérimentalement, les champs magnétiques obtenus ne m'ont pas permis de voir si la valeur de E passe par un maximum ou tend assymptotiquement vers une valeur constante.

Il serait intéressant de pousser plus loin ces mesures pour pouvoir comparer avec un autre phénomène de même genre, avec les effets mécaniques dus à l'aimantation. On sait, en effet, qu'une barre de fer mise dans un champ magnétique s'allonge suivant les lignes de force. M. Berget[1] trouve que cet allongement tend vers une valeur constante quand l'intensité du champ magnétique augmente au-dessus d'une certaine valeur; tandis que MM. Bidwell[2] et Nagaoka[3] ont trouvé que cet allongement passe par un maximum et même devient négatif lorsque le champ magnétique dépasse une certaine valeur.

Les champs magnétiques, que nous avons employés dans nos expériences, avaient des valeurs notables, comme on l'a vu : mais étant donnée la valeur de la force démagnétisante, l'intensité d'aimantation sur l'électrode n'avait pas une forte valeur. En effet, on peut s'en rendre compte de la manière suivante : on sait que dans les fils cylindriques indéfinis aimantés transversalement, la force démagnétisante est constante et $= - 2\pi$ J. L'in-

[1] *Journal de Physique,* 1892.

[2] *Proced. Royal Soc.*, t. LV, 1894.

[3] *Wiedemann. Ann. der Physik und Chemie.*

tensité d'aimantation serait dans un tel corps et isotrope égale au produit de k par la résultante de toutes les forces magnétiques agissantes :

$$J = k\,(H - 2\pi J)$$

d'où

$$J = \frac{k}{1 + 2\pi k}\,H$$

et en prenant pour k, d'après les expériences de Rowland la plus petite valeur pour des faibles champs $k = 40$, on a

$$J = \frac{1}{\frac{1}{40} + 2\pi}\,H = \frac{1}{2\pi}\,H$$

Or les plus forts champs que nous ayons obtenus sont de 7000 unités C. G. S. et pour cette valeur J = 1100.

Si on admet, d'après Eving, que l'intensité d'aimantation maximum pour le fer doux serait comprise entre 1500 et 2000 unités C. G. S, on voit que nous sommes encore loin de la saturation.

Faut-il encore remarquer que, dans notre cas, la force démagnétisante était bien plus grande que celle que nous avons considérée, puisque les fils employés peuvent très bien ne pas être des cylindres, ni exactement aimantés transversalement et puis ils sont de longueur finie.

Dans certaines expériences, la force électromotrice obtenue par l'aimantation de l'électrode, après avoir atteint une valeur maximum où elle reste quelque temps, diminuait tout doucement pour se fixer à une valeur plus petite.

Dans ce cas on pouvait construire la courbe des forces électromotrices en prenant l'une ou l'autre de ces deux

valeurs. L'allure de la courbe est la même, comme on voit dans les courbes (5) et (6).

L'expérience du 17 juillet 1894 : Un système formé de deux électrodes à la Wollaston en fil de fer de 0,06 cm. de diamètre et plongées dans une faible dissolution d'acide oxalique.

E*m*	E*c*	H
188	165	6953
184	161	6568
177	152	5871
171	145	5582
153	130	4804
130	111	3849
107	89	3080
83	73	2454
65	57	2141
51	45	1732
25	23	1227
5	4	722

Cette variation E*m*-E*c* de la force électromotrice, qui dans de nombreuses occasions met un temps appréciable pour arriver à une valeur constante, ne peut être due qu'à la modification d'une manière quelconque de la surface de l'électrode, peut-être à la présence des bulles de gaz, ou à la présence des sels de fer dans le voisinage de la surface du contact.

Cette modification paraît correspondre pour le système au déplacement de son point d'origine d'où on comptait les forces électromotrices ; car, en effet, lorsqu'on supprime le champ magnétique l'électromètre passe par zéro sans s'y arrêter et prend une valeur négative d'autant

plus grande que E*m*-E*c* a été plus grand; il n'arrive qu'au bout d'un certain temps à zéro On ne commençait une autre mesure que lorsque l'électromètre était venu à son zéro, c'est alors que le système était revenu à son état initial.

A part les différences spécifiques des divers échantillons de fer employés, on observe que la courbe est d'autant plus relevée que le diamètre de l'électrode est plus grand. Cela provient de ce que la capacité de l'électromètre n'est pas négligeable par rapport à celle de l'électrode. Mais cela ne change pas la forme de la courbe.

Nickel. Avec deux électrodes à la Wollaston en fil de nickel plongées dans une dissolution très étendue d'acide oxalique ou d'acide acétique et dont une était aimantée normalement à son axe, l'électrode aimantée devient positive comme dans le cas du fer et la force électromotrice en fonction du champ magnétique est représentée par une courbe semblable à celles obtenues précédemment. Seulement elle ne présente pas de point d'inflexion et comme grandeur elle est de l'ordre du millième de volt pour les champs magnétiques moyens employés.

Bismuth. Le même dispositif que précédemment. On a obtenu des électrodes à la Wollaston en aspirant dans des tubes de verre de thermomètres le bismuth fondu dans une capsule de porcelaine.

La force électromotrice est bien plus petite, ainsi, pour les plus forts champs magnétiques obtenus, elle n'atteint que quelques dix millièmes de volt. Mais elle a un sens contraire à celle obtenue avec le fer et le nickel, c'est-à-dire que l'électrode aimantée devient négative par rapport à celle non aimantée; donc le bismuth aimanté est plus attaquable par un acide que le bismuth non aimanté.

Dans toutes les expériences précédentes, nous avons employé exclusivement des électrodes à la Wollaston normales au champ magnétique et prenant contact avec le liquide par l'extrémité inférieure, car avec ce dispositif les mesures sont plus précises qu'avec tout autre. Ainsi, pour varier les expériences, nous avons employé aussi l'électrode en fil, couverte partout de cire rouge (ou de paraffine ou le plus souvent de diélectrine) sauf une partie de son milieu *a* (fig. 4) par où on prenait contact avec le liquide. Une électrode était disposée suivant le champ magnétique entre les pièces polaires de l'électro-aimant et l'autre en dehors du champ.

Dans ce cas aussi l'électrode aimantée, si elle est en fer ou en nickel devient toujours positive par rapport à celle non aimantée. Les résultats sont moins beaux qu'avec une électrode à la Wollaston normale au champ, et cela à cause des défauts des surfaces de contact. La force électromotrice d'aimantation a des valeurs plus petites dans ce dernier cas.

2° Prenons maintenant le second cas indiqué à la page 41, c'est-à-dire celui dans lequel l'électrode à aimanter prend contact avec le liquide par une partie de sa surface où il y a une densité magnétique superficielle due à l'induction du champ.

C'est le cas de l'électrode à la Wollaston disposée suivant le champ magnétique.

Pour mieux voir les choses, nous allons considérer ici deux cas extrêmes :

a) Le liquide employé, du commencement ou par suite de la réaction chimique est riche en sel du corps magnétique employé.

b) Le liquide ne contient pas trace de sel.

Dans le premier cas, la force électromotrice d'aimantation est toujours telle, que l'électrode qui se trouve dans le champ magnétique est négative par rapport à celle qui se trouve en dehors du champ magnétique. Cela a fait dire à certains expérimentateurs que le fer devient négatif par aimantation. Mais nous allons voir que cette interprétation provient de ce qu'on ne considérait qu'une partie du système et qu'on évaluait mal son état magnétique.

Dans le second cas, la force électromotrice d'aimantation est beaucoup plus petite, mais l'électrode qui se trouve dans le champ magnétique est positive.

Entre ces deux lois extrêmes on peut obtenir tantôt l'une tantôt l'autre de ces deux forces électromotrices (comme sens, bien entendu) suivant les diverses circonstances de l'expérience.

Nous allons donner quelques exemples de résultats qualitatifs que nous avons obtenus, pour bien fixer les idées sur le sens de cette force électromotrice.

Prenons un système : fer à la Wollaston dans un liquide riche en sel de fer, par exemple dans du sulfate de fer.

a) L'électrode normale au champ magnétique

E	H
+ 108	4610

b) On ne touche en rien au système, seulement on dispose l'électrode suivant le champ magnétique

— 32	4610

On voit donc que la force électromotrice a changé de

signe rien que par le changement de position de la surface de contact de l'électrode.

Mais pour pousser plus loin la comparaison, nous allons disposer l'expérience de manière que l'intensité d'aimantation dans l'électrode ait exactement la même valeur dans les deux cas (pour le même champ magnétique). Pour cela, nous allons employer des électrodes en fil de fer couvert d'une couche d'isolant (de diélectrine, par exemple) partout, sauf une petite partie de sa surface latérale. L'électrode étant normale au champ magnétique, on peut orienter la normale à cette surface suivant le champ magnétique ou à 90° de cette position par une simple rotation.

Un système avec une pareille électrode en fer et acide oxalique très étendu (expérience du 24 mai); l'électrode aimantée étant mise à nu dans les parties *a* et *a* dans la direction du champ (fig. 5) donne

E	H
19	5320

Sans rien toucher au reste de l'appareil on fait tourner l'électrode de 90° autour de son axe, on a

114	5320

En mettant dans le liquide du sulfate de fer, du perchlorure de fer ou un sel de fer quelconque, cette dernière mesure ne change pas, mais la première devient

— 27	5320

On voit donc que la présence d'un sel de fer dans le voisinage de la surface de contact lorsque celle-ci est sur un des pôles formés par induction, fait changer le signe de cette force électromotrice d'aimantation. Il faut donc

tenir compte aussi de l'état magnétique du sel de fer formé ou qui existe dans le liquide, dans ce dernier cas.

En effet lorsque la surface de contact de l'électrode est sur un des pôles formés, comme dans la dernière disposition expérimentale, à cause de la force démagnétisante, l'intensité d'aimantation sur cette surface même a une valeur très petite sinon nulle.

Si d'un autre côté on prend la formule (*é*) dans laquelle nous supposerons que l et δ varient dans le même sens de sorte que

$$\frac{l}{\delta} = \frac{l'}{\delta'} \text{ à peu près}$$

il reste

$$E = \frac{l}{2\delta}\left(\frac{J^2}{k} - \frac{J'^2}{k'}\right)$$

Pour que E puisse changer de signe, il faut supposer que J' dans le liquide tout près de la surface de contact de l'électrode, soit plus grand que J, ou au moins que

$$\frac{J'^2}{k'} > \frac{J^2}{k}$$

Pour une série d'expériences, on a employé pour avoir un liquide exempt de sel de fer, des électrodes en fil de fer galvanisé ou étamé.

Avec une telle électrode qu'elle soit normale ou parallèle au champ magnétique, elle devenait toujours positive par aimantation.

L'électrode en fil de fer étamé ou galvanisé partout était induite à chaud de diélectrine, on mettait à nu, en frottant légèrement sur du papier fin d'émeri, son bout.

Lorsque cette électrode disposée suivant le champ magnétique, était plongée dans un sel de fer, elle devenait toujours négative par aimantation.

Mais pour obtenir ces électrodes il fallait que la couche d'étamage ne soit pas trop épaisse, dans ce cas-ci, l'électrode n'était pas sensible au champ magnétique.

Conclusions.

Lorsque entre deux électrodes aussi semblables que possible formées d'une même substance magnétique et plongées dans un liquide susceptible de les attaquer, on introduit une différence d'aimantation. il y a une force électromotrice.

Dans le cas général, lorsqu'on doit considérer aussi l'état magnétique du sel de fer, qui se trouve dans le liquide, cette force électromotrice est donnée par l'expression

$$(e) \qquad E = \frac{l}{2\delta}\left(\frac{J^2}{k} - \frac{J'^2}{k'}\right)$$

Si par la disposition de l'expérience on s'arrange de manière à négliger l'état magnétique du liquide devant celui de l'électrode, la force électromotrice obtenue est telle, que l'électrode la plus aimantée est positive par rapport à celle moins aimantée pour le fer et le nickel, et négative pour le bismuth.

La relation trouvée expérimentalement entre la force électromotrice et le champ magnétique se traduit graphiquement par une courbe qui a une certaine parenté avec la courbe d'aimantation. Elle satisferait à la formule (*e*) si on connaissait les variations de la susceptibilité magnétique par rapport au champ magnétique.

LES ÉLÉMENTS AFRICAINS PARMI LES ANIMAUX DOMESTIQUES DE L'EUROPE

PAR LE

Dr C. KELLER

Professeur à Zurich.

Notre continent est peuplé par une multitude d'animaux qui ont abandonné à une époque très reculée leur état sauvage et composent maintenant l'inventaire vivant de notre économie humaine.

Pendant bien longtemps les zoologistes ne s'occupèrent guère de ces êtres utiles. Leur intérêt se portait alors sur toutes sortes d'animaux sauvages, ils décrivaient et dénommaient nos insectes, nos poissons, nos reptiles, les beaux zoophytes et mollusques de nos mers, tandis que les animaux domestiques, leur origine, leur transformation et leur migration leur paraissaient un sujet peu digne de l'attention des naturalistes. Ils abandonnaient ainsi ce domaine au linguiste ou même au vétérinaire !

Avec le temps cette manière de voir a beaucoup changé, et actuellement l'histoire et la transformation de nos animaux domestiques constituent une des parties les plus difficiles et les plus importantes de la science biologique.

Il va sans dire que la méthode du linguiste, agissant souvent avec beaucoup de fantaisie et beaucoup de prétention, ne nous donne jamais un résultat exact quand il s'agit de déterminer l'origine de ces animaux. Elle nous fournit quelquefois des indications acceptables sur la migration historique, mais la méthode sera toujours insuffisante dès que nous allons plus loin.

Il faut observer que nos animaux domestiques, au moins les plus importants, sont une acquisition très ancienne qui s'est faite dans les temps préhistoriques. Or, un peuple, avant d'arriver à sa période historique, avant de produire des documents littéraires de quelque valeur, doit créer d'abord une base solide pour sa culture future; il doit abandonner le nomadisme irrégulier et s'adonner à l'agriculture, soit par la culture des plantes, soit par l'élevage du bétail.

Arrivées à ce point, beaucoup de peuplades comme nous le voyons en Afrique, persistent pendant une très longue période avant de se créer une histoire.

L'historiographe, le linguiste ne peuvent donc pas fournir des renseignements sur l'origine d'un animal domestique, les phases les plus importantes de la migration peuvent leur échapper.

C'est à *Louis Rütimeyer* que revient le grand mérite d'avoir trouvé le moyen de s'orienter dans ce labyrinthe de questions difficiles à résoudre. Par la combinaison heureuse des méthodes de l'anatomie comparée et de la méthode préhistorique, il est arrivé à établir l'origine des espèces domestiquées de l'Europe et ses résultats n'ont pas manqué de produire une surprise générale dans le monde scientifique. Il nous a appris qu'une partie de ces espèces sont sans doute de provenance européenne,

mais que d'autres nous sont parvenues d'autres continents. Il faut donc tenir compte ici des données de l'éthnographie et examiner les grandes migrations des peuplades asiatiques et africaines qui ont emmené avec elles leur bétail et qui l'ont souvent introduit en Europe.

L. Rütimeyer a dû, il est vrai, s'arrêter dans ses conclusions, parce que à cette époque on ne connaissait pas suffisamment les animaux domestiques et les races des continents voisins.

Mais depuis lors la géographie de l'Asie et de l'Afrique a fait d'immenses progrès et avec elle nos connaissances sur les animaux domestiques de ces deux continents, quoique malheureusement les voyageurs aient prêté peu d'attention à ce point et que sauf quelques rares exceptions, ils ne nous disent que très peu de choses de l'inventaire animal des peuplades exotiques. Je sais bien par expérience qu'il est souvent très difficile d'avoir des squelettes et de les transporter de l'intérieur à la côte. Des préjugés nombreux empêchent quelquefois de faire des dessins exacts et des photographies ; mais avec un peu d'énergie on arrive pourtant à son but.

Il y a une quarantaine d'années que le célèbre naturaliste *Isidore Geoffroy-St-Hilaire* a établi la théorie que presque tous nos animaux domestiques proviennent de l'orient, qu'ils sont d'origine asiatique. Cette théorie eut beaucoup de succès, elle fut considérée comme très vraisemblable.

L'Europe, disait-on, n'est qu'une dépendance géographique du continent colossal que nous appelons Asie ; l'Europe n'a jamais eu une population autochtone : à diverses reprises des peuplades asiatiques ont inondé et peuplé l'Europe d'éléments ariques et mongoliques, ils

ont amené avec eux leurs animaux domestiques : le cheval, les races bovines et ovines, le porc, le chien, etc..

La grande porte ouverte entre l'Oural et le Caucase servait de passage aux races de l'Asie centrale, la vallée de l'Euphrate et du Tigre devait être le point de départ des races d'origine méridionale qui ont peuplé l'Asie mineure et le sud de l'Europe.

Quoique cette théorie soit très nette et adoptée par le grand public, elle a été plus tard modifiée ; des objections ne tardèrent pas à être faites.

Ce sont *Rütimeyer* d'abord, *Nehusius* et *Nehring* ensuite qui démontrèrent qu'une partie de nos races sont d'origine européenne et qu'elles n'ont pas été importées à aucune époque. En même temps le résultat des fouilles préhistoriques a démontré d'une manière positive que les premiers hommes qui ont envahi l'Europe ne possédaient pas d'animaux domestiques. A l'époque paléolithique, lorsque l'homme primitif habitait les cavernes, pendant l'âge du renne, il n'existait que de pauvres nomades, des chasseurs qui ne possédaient pas même le chien. C'est à l'époque néolithique qu'on peut signaler l'apparition des premiers animaux domestiques. Dernièrement ce fait a été constaté d'une manière presque absolue au « Schweizersbild, » station préhistorique dans le canton de Schaffhouse, qui a été explorée soigneusement par le Dr *Nuesch*.

Je ne veux pas nier l'immigration asiatique, elle existe sans doute ; elle a été probablement assez considérable, mais cette immigration a été beaucoup exagérée.

A côté d'elle il existe une immigration africaine et, depuis un certain nombre d'années, mes voyages en Afrique m'ont convaincu que ce continent méridional a fourni à l'Europe une quantité de races utiles, dont on n'a pas assez reconnu jusqu'ici l'importance.

Nous allons examiner dans ses détails cette immigration africaine.

Pendant le moyen âge et jusque dans les temps moderne les relations entre l'Europe et l'Afrique ont été peu importantes, soit que l'Europe ait été absorbée par la colonisation de l'Amérique, soit surtout que l'invasion de l'islam en Afrique en ait fait pour l'Europe une région hostile et même menaçante.

Mais pendant l'antiquité la situation n'était pas la même, les relations étaient plus intimes et l'Europe méridionale a été longtemps sous l'influence des races nord-africaines et tout particulièrement de l'Egypte; les esprits éclairés en Grèce et à Rome faisaient alors de fréquentes visites au pays des Pharaons pour y étudier les travaux d'art et les institutions miraculeuses. On allait plus loin, on colonisait même une partie de l'Afrique septentrionale.

Il est probable que le nord de l'Afrique a été ainsi en relation avec l'Europe depuis un temps très reculé qui remonte jusqu'à l'époque préhistorique. Certains faits nous font présumer que ces relations existaient déjà à l'époque des palafites. La Méditerranée n'était pas une barrière insurmontable et certaines races d'animaux domestiques de l'Afrique septentrionale arrivaient déjà à cette époque-là en Europe. Par la Sicile ou par le détroit de Gibraltar, le passage pouvait s'effectuer sans trop de difficultés.

Examinons les détails.

L'animal le plus ancien qui ait fait partie de l'économie humaine, est probablement le *chien*. Nous en possédons aujourd'hui des races nombreuses; à sa première apparition en Europe il n'existe qu'une seule forme (Canis familiaris palustris) dont il est presque impossible d'éta-

blir l'origine, parce qu'il existe encore aujourd'hui sous une forme peu modifiée en Europe, en Asie, même à Madagascar et en Australie.

L'origine de nos diverses races canines a été toujours fort discutée. Actuellement on admet d'une manière presque générale l'opinion polyphylétique, c'est-à-dire une origine de plusieurs souches.

M. le prof. *Th. Studer*, à Berne, est allé plus loin, il distingue, grâce à des données positives de l'anatomie comparée d'une part et des documents de l'ethnographie d'autre part, deux grands groupes : le groupe septentrional et le groupe équatorial.

Cette distinction de l'auteur le plus compétent est la plus naturelle, elle nous indique en même temps la région de l'origine.

Le chien primitif, que *Rütimeyer* appelait Canis fam. palustris, qui domine jusqu'à la période de bronze est exclusivement septentrional ; on a voulu le faire dériver d'une espèce sauvage du diluvium, mais cette hypothèse est peu certaine.

Pendant l'âge du bronze on connaît des restes de chiens de grande et forte taille. Le chien du St-Bernard, par exemple, appartient à ce groupe. Il est très probable que ces chiens proviennent de l'Asie centrale et qu'ils dérivent d'un loup de grande taille.

Plus tard, c'est-à-dire au début de la période historique, s'effectue en Europe l'invasion des chiens méridionaux. Nous rencontrons des lévriers, qui sont caractérisés par leur taille maigre et par un tempérament vif et fugitif. On les employait à la chasse des cerfs et d'autres animaux des forêts. Dans les divers pays de l'Europe il existe des races de lévriers très anciennes et quelquefois peu con-

nues, nous rappelons le « Deerhound » d'Ecosse, le « Greyhound, » le « Curcher » et le « Barzoi » en Russie.

Le prototype de ces formes à hautes jambes et de taille maigre se rencontre évidemment dans l'ancienne Egypte. C'est là que le gros lévrier faisait la chasse aux antilopes. Les artistes habiles du temps des Pharaons nous en ont donné des figures exactes et nombreuses, qui sont conservées dans un état parfait. L'Afrique du nord a donné de ces lévriers à l'Europe. Les Egyptiens du reste ont amené cette race de l'Afrique orientale et de l'Ethiopie, peut-être du centre de l'Afrique. Encore de nos jours on rencontre au bord du Haut-Nil et dans les rues de Khartoum un gros lévrier à longue queue et à poils courts qui correspond exactement au gros chien de l'antique Egypte. En même temps les Egyptiens possédaient déjà 4000 ans avant l'ère chrétienne un chien de chasse plus petit et aux oreilles pendantes qui dérive sans doute du gros lévrier à hautes jambes.

Il est donc fort probable que notre chien de chasse ordinaire, même quand il a été croisé avec le chien septentrional, contient une dose assez forte de sang africain.

Parmi les équidés nous possédons deux types, le *cheval, l'âne.*

Le cheval a existé en Europe à l'état sauvage un peu partout. En France, par exemple, la station de Solutré nous a fourni un grand nombre d'os de cheval sauvage, nous le rencontrons dans le nord de l'Allemagne. Il a persisté jusqu'à l'époque historique en Suisse.

D'après *Nehring*, le cheval diluvial nous a fourni certaines races domestiques par exemple les chevaux gros et lourds de l'Allemagne. A côté de cette forme occidentale

existe le cheval oriental qui est bien caractérisé par la maigreur de sa tête brachycéphale et par la finesse de ses extrémités. Cette race est d'origine asiatique, les ancêtres sauvages se maintiennent encore aujourd'hui dans certaines régions de l'Asie centrale. Il n'est guère douteux que le cheval oriental nous est venu de l'Asie par voie directe et les premières traces remontent jusqu'à l'âge du bronze de la Suisse occidentale. En Afrique le cheval est arrivé relativement tard ; par cette voie indirecte, le sud de l'Europe, surtout l'Espagne a été peuplée par des races africaines. Mais au fond cette acquisition est peu importante.

L'espèce asine au contraire est de provenance africaine, ceci n'est pas douteux. Cependant l'Europe possédait à une époque relativement récente un âne sauvage, le Kiang (*Equus hemionus*), qui s'est réfugié actuellement dans les steppes asiatiques. Même en Suisse, on a rencontré ses traces dans les temps post-diluviens. Les stations préhistoriques du Schweizersbild et de Thayngen dans le canton de Schaffhouse, nous en ont fourni des dessins assez corrects, documents curieux de l'art primitif des troglodytes. Cette ancienne espèce européenne n'est certainement pas une des formes ancestrales de l'âne domestique, comme le prouvent les données de la physiologie, l'anatomie et la géographie.

La plupart des zoologistes admettent que toutes nos races asines dérivent de l'*Asinus tæniopus*, qu'on rencontre à l'état sauvage assez souvent en Nubie et dans le pays des Somalis.

J'ai rencontré cependant en Egypte, outre les petites races asines, une autre race de taille plutôt grande et d'un caractère assez doux, la couleur variant entre le blanc pur

et un jaune assez clair. Il existe entre ce second type que possédaient déjà les patriarches de l'ancienne Palestine, et l'Onagre de l'Asie mineure des rapports indiscutables. Cette race n'est arrivée que très rarement en Europe, tandis que l'Europe méridionale recevait de l'Afrique septentrionale la race du Tæniopus. Elle est figurée déjà dans la haute antiquité par les Egyptiens, mais il est très probable que cet animal a été importé en Égypte d'une région équatoriale de l'Afrique, où l'âne domestique ne dépasse guère les limites des peuplades hamitiques. La première domestication a été faite en Nubie ou par les Gallas qui s'étendaient autrefois jusqu'au golfe d'Aden et cédaient dans l'antiquité cet animal comme beaucoup d'autres aux expéditions égyptiennes, qui se rendaient par la mer Rouge au Pount.

L'animal le plus original au point de vue de son histoire, c'est le *chat*; son origine africaine n'est plus discutée aujourd'hui ; les bords du Nil ont vu l'enfance de cette petite espèce domestique, qui du reste n'avait pris qu'une importance économique assez restreinte.

Cet animal domestique n'existait pas en Europe pendant la période préhistorique et n'a rien à faire avec nos chats sauvages (*Felis catus*); ces derniers sont très difficiles à apprivoiser et diffèrent sensiblement du chat domestique par des caractères anatomiques. Celui-ci dérive évidemment de deux formes sauvages de l'Afrique, qu'on désigne sous le nom de *Felis maniculata* et de *Felis chaus*. Tous les deux ont été apprivoisés d'abord par les Egyptiens, mais non par des raisons économiques, plutôt par des motifs religieux.

Le culte de certains animaux était très répandu dans le pays des Pharaons. Le chat jouait le rôle d'un animal

sacré qu'on défendait de tuer, auquel on rendait un culte, comme *Hérodote* et *Diodore de Sicile* nous le décrivent, et qu'on embaumait, ainsi que l'atteste le nombre énorme de momies, qu'on en a trouvées à Boubastis et à Beni Hassan.

Le chat a séjourné longtemps en Egypte sans en sortir ; l'ancienne Grèce ne le possédait pas ; ce sont les Romains qui l'ont introduit en Europe et, au commencement du moyen âge, il a été importé au nord des Alpes. En Europe, le chat a dû renoncer à sa situation favorisée, mais il est resté, du culte que lui rendaient les Egyptiens, certaines faveurs superstitieuses qui persistent encore de nos jours.

Il faut se rappeler aussi cette singulière histoire du chat pour se rendre compte de son caractère intellectuel. Un animal aussi intelligent et traité avec tant d'égards par les Egyptiens pendant des milliers d'années, a pris par adaptation un caractère quasi-aristocrate qu'il a toujours conservé, il est toujours prêt à rappeler qu'il a été bien traité en Egypte et sait exiger les égards qui lui sont dus.

Déjà pendant l'époque préhistorique les *espèces ovines* et *caprines* jouent un rôle important dans l'économie humaine en Europe. L'origine de ces deux animaux est assez difficile à élucider, quoique beaucoup de naturalistes les fassent venir d'Asie. L'immigration a dû s'effectuer par voie directe et nous ne possédons pas d'indications que l'Afrique nous ait cédé de ces espèces à une époque quelconque.

Passons enfin à l'*espèce bovine* qui est d'une si haute importance pour des peuplades entières. Il règne actuellement un désaccord complet sur l'origine et le mode de

propagation de cette espèce, on peut ranger les différentes manières de voir en trois groupes :

1) Les nihilistes, qui n'ont aucune idée exacte de l'origine des races bovines, niant tous les résultats présentés jusqu'ici.

2) Les monophylètes, qui n'admettent qu'une seule souche, le *Bos primigenius* qui a disparu comme animal sauvage depuis quelques siècles.

3) Les diphylètes, qui font dériver les différentes races de deux souches.

Je partage pour ma part la troisième opinion, qui est la plus conforme aux faits.

Pour s'en rendre compte il faut noter d'abord que le bétail européen se compose de deux groupes : 1° des races de taille relativement forte qui se sont conservées assez pures au nord de l'Europe et dans les steppes de l'Europe orientale ; 2° des races plus petites, aux extrémités délicates, au museau fin et aux cornes plutôt courtes. Nos races brunes des Alpes, le bétail rouge en Pologne, les races foncées en Albanie représentent ce dernier type ; il faut en rapprocher aussi le *Torfrind* de Rütimeyer qui est en rapport direct avec notre vraie race brune. Ces petites races constituent le *Bos brachyceros* Rütimeyer. L'école berlinoise le considère comme le descendant dégénéré du *Bos primigenius*. Les faits préhistoriques sont tout à fait contraires à cette opinion.

Dans les stations lacustres les plus anciennes on rencontre d'abord une seule race uniforme brachycère ; plus tard apparaît à côté d'elle la forte race, le *Primigenius* apprivoisé. Ces deux types se sont croisés dans la suite, de sorte que dans les stations plus jeunes les représentants d'un type pur font le plus souvent défaut. Les stations

préhistoriques de la Suisse occidentale nous en ont fourni tant d'exemples qu'il n'y a plus à discuter sur ce point.

De quelle région nos habitants lacustres ont-ils amené le petit *Bos brachyceros?* Une forme sauvage correspondante n'existe pas en Europe, l'origine est donc hors de notre continent. On a pensé à l'Asie, mais cette importation directe est difficile à expliquer, un animal aussi phlegmatique que notre espèce bovine ne pouvant guère suivre le cheval et le mouton.

Il me semblait depuis longtemps plus naturel de penser à une immigration africaine. L'Afrique nourrit dès la haute antiquité un nombre extraordinaire de bétail, les relations entre l'Egypte et le sud d'Europe datent d'une époque très reculée, et l'Égypte possédait déjà une civilisation très avancée à un moment où vivaient en Europe les palafites; d'autre part la Méditerranée était un obstacle facile à franchir.

Il n'y a que l'anatomie comparée qui puisse élucider l'identité du *Bos brachyceros* et des races africaines. Mais on ne connaissait guère l'ostéologie de ces races. Depuis dix ans, j'ai pu me procurer les matériaux nécessaires en étendant mes recherches jusqu'au pays des Somalis et même jusqu'à Madagascar. D'abord la variabilité du *Bos africanus* est énorme vers le nord; d'autre part il se rapproche tellement de notre *Bos brachyceros* que, en Algérie, par exemple la forme est presque identique. Si l'on supprime les caractères ostéologiques soumis à la sélection artificielle, il reste un assez grand nombre de caractères (forme générale de la partie faciale, extrémités, dents, forme de l'os intermaxillaire, etc.) qui semblent prouver l'origine commune. Les Egyptiens ont

figuré des vaches d'une haute antiquité qui correspondent assez nettement aux vaches brunes de nos Alpes.

Je ne dis pas que le *Bos africanus* soit une espèce originaire de l'Afrique ; je sais bien que ce continent ne possède pas d'espèces sauvages du genre *Bos* proprement dit. Le *Bos africanus* provient de l'Asie australe, l'identité avec le zébu indien n'est pas douteuse ; mais il a subi sur le sol africain des transformations considérables, souvent il a perdu le dos bossu ; il a été croisé avec d'autres races existant en partie déjà dans l'ancienne Egypte, de sorte qu'il est permis de parler dans un sens restreint d'un *Bos africanus.*

Depuis mes études anatomiques j'ai acquis une preuve presque directe que le nord de l'Afrique a fourni à nos habitants lacustres leur race bovine. Il y a quelques mois, un crâne d'une station lacustre me fut présenté qui est absolument sans cornes et sans aucune trace d'axes correspondants. Or on sait qu'il existait en abondance en Egypte une race bovine sans cornes qui fut figurée très exactement.

Dernièrement j'examinais, au Musée de Berne, les nombreux restes provenant des stations lacustres de la Suisse occidentale. Ces matériaux superbes m'ont surpris; j'avais sous les yeux un crâne assez complet qui appartenait évidemment à une vache à cornes pendantes ; la tête allongée et assez étroite avec une surface accidentée de l'os frontal ne correspond ni au type du *Primigenius,* ni au type du *Brachyceros.* C'est plutôt le type très net d'une race africaine du pays des Somalis, même dans les détails. Je ne veux pas aller jusqu'à établir ici un rapprochement avec les expéditions maritimes de l'ancienne

Egypte, qui allaient prendre du bétail dans les régions somaliennes — mais l'existence dans nos stations lacustres en Suisse d'une race bovine qui possède d'une manière très prononcée les caractères du *Bos africanus*, comme il existe encore dans une région de l'Afrique orientale, est sans doute un fait de haute importance.

NOTE PRELIMINAIRE

SUR L'ORIGINE DES

LACS DU PIED DU JURA SUISSE

Par H. SCHARDT

Les lacs du pied du Jura n'ont pas fait jusqu'ici l'objet d'une étude spéciale, relative à leur origine. Leur situation, sur le parcours de vallées d'érosion fluviatile, rend excessivement probable que c'est à la suite d'affaissements que ces vallées se sont remplies d'eau stagnante.

C'est au cours d'études sur les relations entre le phénomène glaciaire et les changements hydrographiques de l'ouest de la Suisse, et en tenant compte de la tectonique du bord nord des Alpes occidentales, que je suis arrivé à la conception d'une explication qui mérite d'être connue, afin d'être vérifiée par ceux qui ont l'occasion de faire des études dans la région dont il est question.

Il ne s'agit, pour le moment, que d'un exposé sommaire, d'un canevas qui est cependant basé sur des faits géologiques bien positivement constatés.

En examinant la situation des lacs de Bienne, de Neuchâtel et de Morat, et de la partie du Léman, appelée le Petit-Lac, on constate que leurs points extrêmes correspondent aux limites latérales de la zone des Préalpes, entre l'Aar et l'Arve, et on est involontairement conduit

à attribuer la formation de ces nappes d'eau au même affaissement qui a suivi l'avancement de la nappe de recouvrement des Préalpes sur le plateau Suisse. Entre l'Arve et l'Aar, la nappe des Préalpes dépasse, en effet, d'environ 20 kilomètres le bord normal des Alpes, ce qui a dû produire une surcharge exceptionnelle, d'où a résulté un affaissement, dont on constate les preuves évidentes sur les bords de ces deux vallées. Au NE du lac de Thoune, nous voyons les plis des Alpes d'Unterwald s'enfoncer sous la nappe des Préalpes du Stockhorn ; la même chose s'observe le long de la vallée de l'Arve et du Giffre, où les plis des Alpes d'Annecy plongent sous la nappe du Chablais.

Ces deux lignes correspondent nettement *à deux plis monoclinaux transversaux aux plis alpins* et qui *délimitent une zone d'affaissement*, occupée par la région des Préalpes du Stockhorn et du Chablais que la vallée du Rhône et du Léman coupe en deux segments. Or, il a été démontré par les travaux de MM. Heim, Forel et Aeppli, que les lacs sur les deux versants des Alpes sont attribuables à un tassement général de la chaîne. Ce tassement a créé sur le parcours des vallées d'érosion des pentes inverses, en sorte qu'une partie du cours d'eau a dû se transformer en nappe d'eau stagnante. Logiquement, on devrait appliquer la même explication aux lacs du pied du Jura en admettant un tassement de cette chaîne, ainsi que j'avais été tenté de l'admettre autrefois. Mais cela ne se peut pas, vu que la hauteur de la chaîne du Jura n'est pas comparable à celle des Alpes pour admettre un tel affaissement, puis il n'y a des lacs marginaux que sur l'un des versants de la chaîne et seulement sur une certaine longueur.

En examinant la situation de ces lacs, on est frappé du fait que la zône des lacs du pied du Jura *commence au NE par le lac de Bienne, exactement sur le prolongement de l'axe du pli monoclinal du lac de Thoune*, et que l'extrémité SW de la partie du lac Léman, appelée Petit-Lac, *occupe la même position par rapport au pli transversal de la vallée de l'Arve!* Le Petit-Lac est en effet un lac jurassien, comme les lacs de Neuchâtel, de Bienne, etc., il occupe une dépression entre le Jura et l'axe de dislocation du Salève qui est un pli jurassien; son fond est à peu près à la même altitude que celle du lac de Neuchâtel.

Il devient manifeste que l'affaissement préalpin s'est fait sentir jusqu'au Jura. La partie du plateau miocène comprise entre les deux charnières des plis transversaux de l'Aar à l'Arve s'est aussi affaissée, en entraînant sous forme d'un pli à vaste amplitude les premières chaînes du Jura. Ce mouvement s'est ajouté au tassement général des Alpes; il explique ainsi la grande profondeur du bassin du Léman, qui est beaucoup plus profond que tous les autres lacs marginaux au N des Alpes. Sans ce nouvel affaissement, le lac Léman s'arrêterait déjà entre Rolle et Yvoire; car la charnière longitudinale de l'affaissement alpin suit à peu près la ligne Salève, Lausanne, Zurich, soit la direction de l'axe anticlinal de la mollasse. Il n'a donc pas atteint le Jura. Mais l'affaissement préalpin, limité par les deux charnières transversales des lignes de l'Aar et de l'Arve, a, comme on le voit, entraîné une partie du Jura, en créant les lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Morat, et en étendant le bassin du Léman jusqu'à Genève.

L'analogie de ce mouvement spécial à la zone pré-

alpine avec le tassement général des Alpes est si évident, que le reste s'explique tout seul. Il n'est douteux pour personne que le bassin du lac de Neuchâtel, séparé en deux par une arête sous-lacustre longitudinale, dite la Motte (8me de la surface), occupe, comme le lac de Bienne, deux vallées d'érosion. La Motte, le Jolimont et l'arête de l'Ile de St-Pierre ne sont qu'une même série de buttes mollassiques, taillées dans des couches horizontales et séparant deux anciennes vallées; de même l'arête de Vully correspond à la butte de Brüttelen et du Jensberg et à celle du Buttenberg, près de Bienne, séparant la dépression du lac de Morat et de la Broye de celle des lacs de Bienne et de Neuchâtel. Nous sommes donc en présence de trois vallées : celle du grand bassin du lac de Neuchâtel et de Bienne — la vallée de la Thièle; celle de la Menthue, occupant le petit bassin de ces lacs, enfin la dépression de la Broye. Un monticule semblable à la « Motte » du lac de Neuchâtel se dessine au milieu du lac de Morat, indiquant que ce bassin est aussi double et qu'il faut admettre une quatrième vallée, indépendante, celle de la petite Glane, entre la Broye et les collines du Vully-Brüttelen.

Ce sont ces vallées d'érosion qui se sont inondées en suite de cet affaissement, simultanément avec la région du cours du Rhône occupée par le Petit-Lac, entre Genève et Yvoire.

Primitivement, il ne devait y avoir qu'un seul lac, allant de Bienne au Mortmont et que les buttes indiquées entrecoupaient sous forme d'îles et de presqu'îles. D'où provient alors le comblement énorme qui a divisé en trois bassins, ce lac autrefois si pittoresque? Ici il faut faire intervenir encore une fois l'affaissement en question.

Cet alluvionnement, qui est évidemment postérieur à la formation du bassin lacustre, provient sans doute de l'Aar, soit de l'Aar actuelle, soit de l'Aar glaciaire. Comme l'a déjà exprimé Rütimeyer, l'Aar cheminait autrefois à partir de Berne directement vers le nord par la large dépression d'Utzensdorf, pour atteindre le pied du Jura seulement à Wangen, d'où elle continuait au NE par le Gäuthal, aujourd'hui abandonné par la rivière. Ce changement de direction a évidemment été motivé par l'affaissement que j'ai défini et qui sollicitait le passage de l'eau vers le SW. Ainsi s'explique le coude brusque que fait l'Aar au N de Berne; elle se détourne de sa vallée large et spacieuse, pour choisir un passage étroit, érodé récemment, qui la conduit dans le bassin des lacs jurassiens, après avoir emprunté sur une certaine longueur la vallée de la Sarine.

Comme ce changement de cours a dû avoir lieu immédiatement après le tassement général des Alpes, soit entre la 1re et la 2me glaciation[1], l'effet des glaciations subséquentes, notamment le stationnement du glacier de l'Aar aux environs de Berne, explique le comblement de la région entre Aarberg, Morat et St-Blaise. L'alluvionnement énorme de l'Aar, pendant cette période, et la formation de moraines a même forcé finalement le cours d'eau de se dévier de nouveau et de se diriger au nord, sans passer par le lac de Neuchâtel et de Bienne. Momentanément, le niveau du lac a même été surélevé par les grands barrages morainiques de Soleure, ainsi que l'ont constaté MM. Lang et Alph. Favre. C'est ainsi que s'explique, très logiquement, la formation de cette

[1] En admettant trois glaciations.

grande cuvette lacustre d'abord et son comblement partiel dans la partie centrale. Le passage latéral, entre Berne et la plaine que l'Aar suit aujourd'hui, n'est pas le premier ; car la dépression entre Münchenbuchsee et Lyss, que suit le chemin de fer de Bienne à Berne, doit aussi être envisagé comme un ancien passage de l'Aar, abondonné en suite de barrages morainiques ; c'est sans doute la première dérivation résultant de l'appel vers le SW dû à la formation du bassin lacustre du pied du Jura.

La Singine, elle aussi, a subi l'effet de cette dénivellation ; son cours conduisait autrefois de Thörishaus par Bümplitz directement dans l'Aar. Le même phénomène qui a fait dévier l'Aar vers l'ouest, a forcé aussi la Singine à chercher un nouveau passage parallèlement au nouveau cours de l'Aar, pour rejoindre la Sarine à Laupen, en passant par Neueneck.

L'affaissement entre Bienne et Genève a encore eu un effet secondaire très intéressant.

En tenant compte de la profondeur du lac de Neuchâtel (153 m.), de la pente de la vallée primitive entre le Mortmont et Bienne (60 m.) et de l'alluvionnement sur le fond du lac (env. 40 m.). L'amplitude de son affaissement ne peut pas être inférieure à 250 m. Il a donc dû se produire une tension horizontale jusqu'au moment où la valeur de l'affaissement a atteint la flèche de la courbure terrestre qu'il a dépassée d'environ 150 m. Cette tension a dû agir sous forme d'un refoulement capable de faire surgir un anticlinal de 60-70 m. de hauteur au moins. Il existe en effet sur la ligne de partage des eaux entre la vallée de l'Orbe (Thièle) et celle de la Venoge, un anticlinal transversal qui m'a toujours frappé

par sa forme; c'est le Mortmont, dont la courbure se trahit encore sous les dépôts miocènes dans le ravin du Talent, près de Goumœns-le-Jux. C'est en effet sur l'axe du partage d'eau que cette tension superficielle avait le plus de chance de pouvoir se faire jour[1]. Ce point est d'ailleurs sensiblement au milieu de la zone d'affaissement, et c'est sans doute ce qui a empêché l'écoulement du lac de Neuchâtel de se faire définitivement par la cluse d'Entre-Roches.

Si nous rétablissons l'état antérieur à cette dénivellation, même en déduisant la hauteur de l'anticlinal du Mortmont, nous obtenons pour ce point une altitude de plus de 600 m. supérieure en tout cas au niveau de la région située au N et au S. Cette altitude de l'ancien partage d'eau exclut absolument l'hypothèse d'un écoulement du Rhône ou de la Dranse du Chablais par le passage d'Entremont.

Une explication en entraîne d'autres: L'affaissement préalpin s'étant étendu même sur les premières chaînes du Jura, son influence a dû se traduire par des perturbations du régime hydrographique de cette chaîne. La ligne d'affaissement maximal devait passer par la ligne Jougne-Hôpitaux qui est d'ailleurs sur le parcours d'un accident transversal.

En n'admettant qu'une centaine de mètres comme valeur de cet affaissement et en rétablissant par la pensée l'état antérieur, on verra, par exemple, que la *vallée de*

[1] Je me demande même si l'axe anticlinal de la mollasse, que j'ai toujours considéré comme la charnière N du grand tassement alpin, n'est pas aussi combiné avec une poussée horizontale, résultant de l'aplanissement de la courbure terrestre; cet anticlinal a sur plus d'un point l'aspect d'un chevauchement.

Joux aura une pente inverse à l'écoulement actuel des eaux. Les lacs de St-Point et de Remoray, *qui ne sont qu'un segment devenu stagnant du cours du Doubs*, s'expliquent par le même mouvement, ainsi que *la transformation temporaire du Val-de-Travers en un lac*, entre Noiraigue et St-Sulpice, conjointement peut-être avec un éboulement venu du Creux-du-vent.

Veytaux, novembre 1897.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE ET MÉTÉOROLOGIE

A. Wolfer, Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte. Publikationen der Sternwarte des eidg. Polytechnikums zu Zurich. Band I : Beobachtungen der Sonnenoberflæche in den Jahren 1887-89. Zurich, 1897, in-4°, 41 p. avec 15 planches.

Le soleil a été l'un des objets d'étude principaux de l'Observatoire de Zurich dès sa fondation, et les travaux de son premier directeur, R. Wolf[1], sur ce sujet sont universellement connus. R. Wolf a légué à l'Observatoire une somme importante pour permettre de publier des travaux plus considérables que ceux qui paraissent dans les *Astronomische Mittheilungen* fondées par lui. C'est ainsi que M. le prof. A. Wolfer, collaborateur puis successeur de R. Wolf, édite aujourd'hui le premier volume des Publications de l'Observatoire de Zurich, et ce volume qui sera suivi prochainement d'autres volumes semblables est, comme de juste, consacré au soleil.

Le plan de ce travail avait été élaboré déjà en 1886, d'accord avec Wolf. Les travaux de Wolf ont nettement établi la période moyenne undécennale de fréquence des taches solaires. Les observations des taches solaires de Carrington et de Spœrer ont permis à ces astronomes de déterminer la valeur moyenne de la rotation du soleil et la distribution des taches aux différentes latitudes solaires dans les phases succes-

[1] Voir *Archives* 26, (1891), p. 437 et 549 la notice de M. A. Wolfer sur les travaux de R. Wolf dans le domaine de la physique solaire.

sives de la période undécennale. Les résultats d'observation des taches avaient souvent accusé leur distribution en fonction de la durée de la rotation et il en résultait la probabilité qu'il existait à la surface du soleil des régions où les phénomènes d'activité solaire se présenteraient de préférence. C'est l'étude systématique de cette question que M. le prof. Wolfer s'est proposée.

Pour que le travail fût complet, il fallait étudier l'activité solaire au moins durant une période undécennale complète. A cet effet les observations ont commencé avec l'année 1887, avant le minimum prévu et réalisé de l'année 1889, et elles s'étendront jusqu'aux environs de l'année 1900. Puis il s'agissait d'étudier d'une manière complète les phénomènes présentés par la photosphère. Or, le terme d'« activité solaire » s'est beaucoup étendu depuis les travaux de Carrington, et il comprend non seulement le phénomène des taches, mais aussi celui des facules et enfin celui des protubérances. Il s'agissait, pour M. Wolfer, d'obtenir, par ses observations, une représentation claire et parlante de ces divers genres d'activité solaire et d'établir ensuite leur distribution en longitude sur la surface du soleil.

Après une introduction rappelant les faits qui viennent d'être résumés, l'auteur donne une description des instruments employés et des méthodes d'observation et de calcul. L'instrument est un équatorial de 16 centimètres d'ouverture. Chaque jour où le soleil se montre, il est observé par projection. M. Wolfer prend un dessin exact de son image sur un cercle de 25 centimètres de diamètre où il note, avec l'orientation, les positions et les formes des taches et des facules. Puis le même instrument est muni d'un spectroscope à vision directe avec lequel le bord du soleil est inspecté sur tout son pourtour pour l'observation des protubérances.

Tout ce matériel d'observations, il s'agissait de le réunir de manière à représenter l'activité solaire d'une façon aussi parlante que possible. M. Wolfer a adopté pour cela la méthode graphique déjà employée par Carrington et Spœrer et qui représente la surface entière du soleil, avec les phénomènes observés, pendant une durée entière de la rota-

tion synodique, de 27,1 jours. Les 13 premières planches fournissent les représentations de la photosphère pour les 39 rotations solaires allant du 23 janvier 1887 au 14 décembre 1889_2 avec signes différents pour les taches, les facules et les protubérances. Les détails relatifs à chaque rotation sont d'ailleurs fournis par une série de tableaux dans le texte.

Les deux dernières planches donnent un relevé général des planches précédentes pour la période totale des trois années, ce relevé étant fait séparément pour les taches, les facules et les protubérances, de manière à faire ressortir leur répartition suivant les longitudes solaires. Cette répartition, pour les taches et les facules, est très nettement maximum sur deux méridiens solaires à peu près opposés, pendant que dans les régions intermédiaires, le nombre de ces formations solaires est rare. Il y a donc eu, pour cette période de trois années, deux centres d'activité du phénomène des taches et des facules en deux régions opposées du soleil, régions voisines d'ailleurs de l'équateur solaire, ces deux espèces de formations ne se produisant guère que dans les latitudes basses, sur les deux hémisphères.

Quant aux protubérances, leur répartition en longitude est moins nettement caractérisée que celle des taches et des facules. Elle existe cependant pour les mêmes méridiens, surtout sur l'hémisphère austral. En ce qui concerne leur distribution en latitude, elle est beaucoup plus étendue, car on voit de ces formations tout autour du soleil ; mais le maximum de fréquence est aux latitudes moyennes, entre 20° et 60°. Il ne s'agit du reste ici que des protubérances purement hydrogénées, qui ne semblent en relation avec aucune autre manifestation de l'activité solaire, tandis que les protubérances métalliques ne s'observent qu'aux latitudes basses et sont en relation évidente avec les taches.

Ce premier chapitre du travail de M. Wolfer fournit donc déjà des résultats très instructifs. Il sera fort intéressant de connaître ceux que donnera la mise en œuvre des matériaux réunis durant les années subséquentes. R. G.

— —

Dr Albert Stichtenoth. Untersuchung ueber die Bahn des Cometen 1822, IV. Leipzig, Engelmann 1897.

La quatrième comète de 1822 a été découverte le 16 juillet 1822, par Pons à Marlia près de Lucques. On a pu l'observer durant près de quatre mois ; les dernières observations sont de Rümker à Paramatta. Encke avait déjà calculé des éléments très satisfaisants de l'orbite de cette comète. Il s'agissait de déterminer une orbite définitive, en se servant de toutes les ressources modernes. C'est ce travail qu'a entrepris M. Stichtenoth et il l'a bien exécuté. Revision complète des positions des étoiles de comparaison, calcul des coordonnées du soleil d'après les Tables de Le Verrier, vérification sur les sources de toutes les observations, au nombre de 456, tout a été fait avec le plus grand soin. L'auteur a réuni les observations en six positions normales et, appliquant la méthode des moindres carrés, il a déduit les corrections à appliquer aux éléments d'Encke. Ces corrections sont faibles, mais améliorent sensiblement la représentation des positions observées. Comme conclusion à son important travail, qui représente une somme considérable de labeur et de calculs, M. Stichtenoth ne trouve aucune correction probable à appliquer à la valeur de l'excentricité trouvée par Encke. Cette comète appartient à la grande famille des comètes à orbites elliptiques voisines de la parabole. La durée de la révolution est probablement de plus de 5000 ans et la distance périhélie est un peu supérieure à la distance moyenne de la terre au soleil.

Julius Hann, Handbuch der Klimatologie, Stuttgart 1897. J. Engelhorn, 2me édition.

Cet ouvrage fait partie de la collection des « Manuels géographiques » publiés par le professeur F. Ratzel. La 1re édition date de 1883 ; la 2me, qui vient de paraître, est considérablement augmentée et mérite d'être désignée comme une

œuvre scientifique de premier ordre. Il n'est pas possible de donner ici un compte rendu tant soit peu complet des trois volumes dont se compose ce manuel ; il nous suffira d'indiquer au lecteur de quelle manière le sujet a été traité par l'éminent climatologiste.

Le premier volume est consacré à la partie théorique, à la *Climatologie générale.* Nous y trouvons d'abord, soigneusement exposées, les études de différents auteurs sur le climat solaire ou climat mathématique et portant sur l'intensité et la quantité de l'insolation. Puis vient un chapitre traitant du climat tellurique ou physique, où il est parlé des modifications du climat sous l'influence de la surface terrestre si diversement constituée. Signalons en particulier le remarquable exposé du climat des régions élevées *(Höhenklima)* où l'auteur a pu utiliser ses travaux personnels et ses magistrales conceptions. Le volume se termine par une étude critique lumineuse du problème très discuté des variations temporaires du climat.

Les deux volumes suivants traitent de la *Climatologie spéciale* ou *climatographie* : dans le deuxième volume il est parlé de la zone tropicale, dans le troisième des zones tempérées et des régions polaires. Pour cette seconde partie de l'ouvrage, que nous appellerions volontiers la partie pratique, aucun météorologiste n'a fourni autant de matériaux que M. Hann lui-même. Il suffit de rappeler, à côté de ses travaux spéciaux, les innombrables comptes rendus de séries d'observations se rapportant aux régions les plus diverses de la terre que l'auteur a publiés dans la « Meteorologische Zeitschrift » dont il est le rédacteur infatigable depuis plus de trente ans. Mais cet ouvrage ne se compose pas d'une suite de tabelles climatologiques arides; à côté des indications nécessaires en chiffres et le renvoi aux sources, on y trouve une représentation fidèle et précise du climat des différents pays. M. Hann a su, avec beaucoup d'habileté, agrémenter son exposé des descriptions originales de savants ou de voyageurs compétents, descriptions qui reposent sur des observations personnelles. Les peintures qu'il fait des divers climats prennent de cette façon une vie et un coloris tels que l'on oublie

presque, à la lecture, que l'on tient entre ses mains un livre scientifique. Cet ouvrage n'a donc pas seulement de la valeur pour le météorologiste, mais aussi pour tout homme cultivé. Il offrira en particulier un intérêt tout spécial aux médecins parce que les conditions sanitaires du climat y sont toujours soigneusement exposées. Personne au reste ne lira ces volumes écrits avec autant de clarté que d'agrément sans en retirer un véritable plaisir et une riche moisson de connaissances nouvelles. R. B.

PHYSIQUE

Alfred Edwin Tutton. Connection between the crystallographical characters... A study of the normal selenates of K, Rb, Cs. — Etude cristallographique sur les séléniates simples de potassium, rubidium et cesium. (*Transactions of the Chemical Society, 1897.*)

L'auteur après ses remarquables monographies relatives aux sulfates simples et doubles de K, Rb et Cs[1] vient de publier une nouvelle étude sur les *séléniates* simples des trois mêmes métaux.

Comme résultats généraux il a trouvé que dans le groupe des séléniates les relations mutuelles entre les 3 membres formant ce groupe sont identiques à ce qu'elles sont dans le groupe des sulfates. Mais, pris dans son ensemble, chacun des deux groupes présente des idiosyncrases qui font que les résultats pour les deux groupes ne pourraient pas être représentés par deux lignes parallèles, mais par deux lignes convergentes.

D'ailleurs en passant du soufre (atome plus léger) au selenium (atome plus lourd) les changements tant morphologiques que physiques ont lieu dans le même sens que lorsque dans un même groupe on passe d'un atome alcalin plus léger à un plus lourd.

[1] Voir *Archives* 1893, t. XXX, p. 264; 1894, t. XXXII, p. 452; 1896, t. II, p. 300.

Il serait très désirable que M. Tutton étendît un jour ses patientes recherches au groupe des tellurates (si l'on peut obtenir des cristaux de $Cs_2 TeO_4$), pour voir si par ses propriétés ce groupe se placerait au rang que lui assigne le poids atomique du Te par rapport aux S et Se. Si tel était le cas on aurait une preuve de plus de l'étroite parenté qui relie le S, le Se et le Te.

Dès maintenant M. Tutton conclut en disant que « la différence de nature des éléments d'un même *groupe-famille*, « laquelle se manifeste par la progression régulière de leurs « poids atomiques, se manifeste aussi par une progression « semblable dans les caractères des cristaux d'une série isomorphe de sels où ces éléments entrent comme composants interchangeables[1]. »

Les séléniates alcalins étant extrêmement déliquescents, M. Tutton a dû employer des artifices très ingénieux pour la manipulation de ces cristaux. Les détails techniques de son mémoire seront à consulter par ceux qui auront à faire des recherches sur des sels déliquescents.

Signalons encore le curieux phénomène optique qu'a offert le *séléniate de cesium*. En élevant progressivement jusque vers 280° la température d'un cristal de ce sel, on voit les axes optiques parcourir un champ considérable. Ils apparaissent à la température ordinaire à droite et à gauche de l'axe *b* d'élasticité. En chauffant ils s'écartent, et quand ils se sont séparés l'un de l'autre à l'intérieur d'un angle $> 90°$, l'axe *b* cesse naturellement d'être bissectrice aiguë ou *ligne médiane,* c'est désormais l'axe *a* qui la devient.

[1] Cette loi ne s'appliquant pas aux groupes caractérisés par les métaux non alcalins, interchangeables, dans les sulfates doubles, il faut en conclure que ces métaux ne constituent pas entre eux un ou des *groupes-familles* proprement dits. Pour la même raison, le thallium au point de vue de la biréfringence et l'ammonium au point de vue de la valeur absolue des indices ne peuvent être considérés comme faisant partie du *groupe-famille* K-Rb-Cs malgré les nombreuses ressemblances qui les en rapprochent.

Continuant leur mouvement, les axes se rapprochent de *a*, arrivent en coïncidence avec *a*, vers 95° de température, et donnent lieu à la croix uniaxiale. S'écartant ensuite progressivement dans un plan perpendiculaire à leur ancien plan ils s'inclinent peu à peu vers l'axe *c* qui devient à son tour *ligne médiane*. L'observation n'a pu être poursuivie au delà de 280° environ, mais il est possible de voir qu'en théorie vers 750° l'axe *c* aurait été axe unique. — Ce phénomène remarquable est confirmé par les valeurs relatives des 3 indices qui sont très voisines ainsi que par leurs variations respectives avec la température, mesurées par M. Tutton; il est à présumer, qu'en théorie, cette rotation des axes se produirait indéfiniment dans l'échelle des températures soit au-dessous, soit au-dessus des limites où opérait l'auteur, et que par conséquent la croix uniaxiale se présenterait aussi pour l'axe *b* à de plus basses et de plus hautes températures.

F. L. P.

ORESTE MURANI. LUCE E RAGGI RÖNTGEN. LA LUMIÈRE ET LES RAYONS RŒNTGEN (1 vol. in-8, Milan Hœpli, 1898, avec 15 planches et 157 figures dans le texte, et préface du Prof. R. Ferrini).

Dans cet excellent ouvrage, l'auteur résume d'une façon très claire et bien ordonnée les innombrables publications dont la découverte du physicien de Wurzbourg a été l'origine. Les deux premiers chapitres rappellent les propriétés fondamentales des rayons lumineux et hertziens, et celles des décharges dans les gaz raréfiés, en insistant comme il convient sur les recherches relatives aux rayons cathodiques. Les chapitres suivants traitent de la découverte des rayons X par M. Rœntgen, de la propagation de ces rayons et des phénomènes de fluorescence qui s'y rattachent. Puis viennent les actions photographiques et électriques, phénomènes divers, hypothèse sur la nature de ces rayons, dispositions expérimentales et application; l'auteur termine par un exposé des phénomènes connexes, rayons de Becquerel, etc. Tous ces travaux sont relatés d'une manière impartiale et

bienveillante, et critiqués en même temps avec beaucoup de jugement et de sens scientifique. C'est là un point qui nous a avantageusement frappé à la lecture de cet ouvrage. On trouvera à la fin de chaque chapitre une utile bibliographie des questions qui y sont traitées. C. S.

A. Delebecque. Les lacs français. (Un vol. in-4°, 436 pages, avec 153 figures et 22 planches. Paris, 1898.)

M. Delebecque vient de nous donner, dans un superbe livre, très richement orné de planches et de figures, le texte descriptif de l'*Atlas des lacs français* qu'il a publié les années dernières, sous le patronage du Ministère des Travaux publics de France. Nous saluons avec joie l'achèvement de ce grand travail et de cette belle œuvre. L'auteur y a réuni d'une part, la description de la cuvette des lacs dont il a fait l'étude hydrographique détaillée, d'autre part, les résultats des recherches de géographie physique qu'il a accomplies à l'occasion de ses travaux topographiques. C'est une belle étude de limnologie comparée, la plus étendue de celles que nous possédons actuellement. Une rapide analyse de l'ouvrage couronné par l'Académie des sciences de Paris en fera voir le grand intérêt.

Après une étude générale (I) la *répartition géographique des lacs français* qui se comptent par centaines (il y en a 433 de cités dans le livre) et qui appartiennent à vingt groupes ou types différents, l'auteur nous donne (II) *les procédés de sondages des lacs*, *les résultats obtenus et leur représentation*. Puis une (III) *description* détaillée *des principaux lacs français* d'après la carte hydrographique de ceux qu'il a représentés et d'après les faits connus chez ceux qui n'ont pas encore été étudiés définitivement. Cette partie du livre est accompagnée d'excellentes cartes à échelle réduite, d'après les cartes à grande échelle de l'Atlas, et d'un très grand nombre de clichés d'après photographies qui donnent des tableaux, souvent très nets, des paysages des lacs. Puis vient sous le titre de (IV) *caractères généraux de la topographie*

des lacs une dissertation sur le relief du bassin des lacs explorés et sur leurs principaux accidents. Un chapitre important sur (V) *la nature du sol des lacs*, renferme de nombreuses analyses chimiques et quelques considérations intéressantes. Le chapitre VI traite de *l'alimentation* et de *l'écoulement des lacs*. Nous y signalons les découvertes intéressantes d'affluents et d'émissaires sous-lacustres (voir encore aux chapitres III et VII) entre autres le fameux Boubioz du lac d'Annecy et les entonnoirs du lac des Brenets (que M. Delebecque persiste à appeler lac de Chaillexon du nom d'un hameau de chalets sur la rive française). Une belle étude (VII) sur *la température des lacs* avec de très nombreuses observations originales et quelques généralisations intéressantes. (VIII) *Couleur, transparence et mirages des lacs.* IX *Matières dissoutes dans l'eau des lacs;* ce chapitre est le plus nouveau; il contient beaucoup d'analyses qui semblent très soignées, des considérations utiles sur la dissolution des sels minéraux et des gaz dans l'eau, la découverte de la stratification chimique dans quelques lacs, etc. (X) La *situation géologique et l'origine des lacs* occupe près de cent pages du livre, et offre de nombreux exemples des différents types de lacs classés suivant l'action qui a modelé leur cuvette. Puis vient une étude sur (XI) les *phases de la vie des lacs* avec quelques exemples à l'appui, enfin (XII) un *tableau des lacs* connus *de France*, répartis par régions naturelles, à savoir, lacs des Alpes 91, du Jura 75, des Vosges 8, du Plateau central 34, des Pyrénées 105, du littoral atlantique 30, du littoral méditerranéen 90.

Nous recommandons ce bel ouvrage à tous ceux qui s'intéressent à la géographie physique de la France, et à la limnologie comparée. F.-A. F.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

C. Ris et C. Simon. Acide p-dinitrodibenzyldisulfonique (*Berichte* XXX, 2618, Bâle).

Les auteurs ont constaté, en faisant réagir l'hypochlorite

de soude en présence de lessive de soude sur le p-nitro-soluène-o-sulfonate de sodium, la formation de l'acide p-dinitrodibenzyldisulfonique. En employant un excès suffisant d'hypochlorite de soude, il ne se forme pas les matières colorantes jaunes dérivées du stilbène qui prennent naissance dans l'action de la lessive de soude sur l'acide p-nitrotoluène o-sulfonique. L'acide obtenu n'est pas tout à fait identique à celui que Bender a isolé précédemment du produit de cette dernière réaction et qu'il avait considéré comme un acide dinitrodibenzyldisulfonique, tandis qu'il constitue sans doute un autre produit de transformation. Le procédé de préparation consiste à dissoudre 100 p. de p-nitrotoluènesulfonate de sodium dans 600 cc. d'eau chaude, puis à y ajouter 800 cc. d'une solution d'hypochlorite de soude à 2 % d'acide hypochloreux et 500 gr. de lessive de soude à 40° Bé. On chauffe à 70° en agitant continuellement; la masse d'abord épaisse devient de plus en plus fluide et se transforme au bout de quelques minutes en un précipité cristallin que l'on refroidit à 30° et qu'on filtre. Le sel de sodium ainsi obtenu correspond à la formule $C^{14}H^{10}N^2O^{10}S^2Na^2$, il est assez difficilement soluble dans l'eau froide, facilement soluble dans l'eau bouillante. L'acide dinitrodibenzyldisulfonique donne par réduction un acide amidé qui fournit des matières colorantes azoïques possédant, à l'inverse de celles qui dérivent de l'acide diamidostilbène-disulfonique, une très faible affinité pour les fibres végétales. F. R.

R. HALLER ET ST. V. KOSTANECKI. SUR LA-3-4 DIOXYCINNAMYLIDÈNE-CUMARANONE (*Berichte*, XXX, 2947, Berne).

Des recherches antérieures ont montré que les oxycétones simples renfermant un groupe chromophore C=O se dissolvent dans les alcalis en jaune et teignent le mordant d'alumine en jaune tandis que les oxycétones non saturées, renfermant deux chromophores voisins, C=O et C=C, donnent dans les mêmes conditions une nuance orange. Les auteurs se sont demandés ce qu'il résulterait au point de

vue des propriétés tinctoriales si l'on introduisait encore un groupe chromophore C=O ou C=C dans les oxycétones non saturées. La réunion de ces trois chromophores soit un C=O et deux C=C ou deux C=O et un C=C peut donner lieu à des chromophores complexes différents ; les auteurs se sont d'abord occupés des composés renfermant le chromophore triple C=O. C=C. C=C qu'ils ont préparé au moyen de l'aldéhyde cinnamique et des cétones et les ont comparé à ceux qui renferment un chromophore double seulement, C=O. C=C et qu'on obtient par l'action de la benzaldéhyde sur les cétones. Cette étude leur a montré que les cinnamylindène-cétones sont d'une nuance plus foncée et se rapprochent davantage du rouge du spectre que les benzalcétones correspondantes. Ce résultat les a engagés à chercher à préparer une matière colorante pour mordants renfermant le chromophore C=O. C=C. C=C. afin de se faire une idée de la valeur de cette réunion de chromophores au point de vue de la synthèse de matières colorantes rouges. Ils ont choisi comme point de départ la *3-4-dioxycumaranone*

OH
HO —O
—CO >CH²

qui réagit sur les aldéhydes comme une cétone et qui fournit grâce à ses deux hydroxyles en position orthodes matières colorantes, tirant sur mordants. En faisant réagir en solution alcoolique l'aldéhyde-cinnamique sur le composé ils ont obtenu la *3-5 dioxycinnamylidène-cumaranone*

$$C^6H^2(OH)_2 \left\langle \begin{matrix} O \\ CO \end{matrix} \right\rangle C=CH.CH=CH.C^6H^5.$$

Cette substance se dissout dans H^2SO^4 conc. en rouge fuchsine et dans les alcalis en violet, tandis que la 3-4 dioxybenzalcumaranone s'y dissout en rouge. Elle teint le mordant d'alumine en nuance un peu plus rouge, mais la différence est insignifiante. Son *dérivé diacétylé* est en longues aiguilles jaunes, fusibles à 176°, son *dérivé diéthoxylé* en aiguilles jaunes, fusibles à 123°. F.R.

ZOOLOGIE

Henri Blanc. Cours élémentaire d'Histoire naturelle. — Zoologie. (1 vol. in-8° avec figures. Lausanne, F. Payot, libraire. Fr. 3.75.)

On n'a que l'embarras du choix lorsqu'il s'agit de se procurer un traité de zoologie destiné aux études supérieures de l'université. En revanche, il est rare de trouver un cours élémentaire de zoologie pouvant servir à l'enseignement secondaire et qui soit écrit par un auteur au courant des derniers progrès de la science. M. H. Blanc, professeur à l'Université de Lausanne, vient de publier un petit volume qui ne laisse rien à désirer sous ce rapport. Il est destiné à rendre service non seulement aux élèves de nos écoles, mais encore aux gens du monde qui trouveront un réel intérêt à la lecture d'un ouvrage écrit dans un style clair et agréable.

Le texte est illustré de très nombreuses figures d'une exécution irréprochable. Avant de passer à l'étude des différents types d'animaux, M. Blanc a consacré un chapitre spécial aux notions préliminaires de zoologie générale. Peut-être cette introduction est-elle un peu courte; c'est le seul reproche que nous pourrions faire à l'auteur d'un livre qui a sa place marquée dans toutes les bibliothèques.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 11 novembre 1897.

A. Pictet. Nouvelle synthèse de l'$\alpha\alpha'$-phénylpicoline. — F. Kehrmann et E. Rüttimann. Combinaisons de l'acide arsénique avec l'acide tungstique. — F. Ullmann et E. Mallet. Méthylfluorénone.

M. le prof. Amé PICTET a constaté que l'oxime de l'acétophénone (1 mol.) et l'aldéhyde acétique (2 mol.), chauffées ensemble en tubes scellés à la température de 200°, se condensent selon l'équation :

$$C_8H_9NO + 2C_2H_4O = C_{12}H_{11}N + 3H_2O.$$

L'étude du corps $C_{12}H_{11}N$ a montré son identité avec l'*$\alpha\alpha'$-phénylpicoline* décrite en 1895 par M. Scholtz. On doit sans doute expliquer sa formation en admettant que deux molécules d'aldéhyde acétique réagissent d'abord l'une sur l'autre pour former une molécule d'aldéhyde crotonique, et que celle-ci se condense ensuite avec l'oxime de la manière suivante :

$$\begin{array}{llcllcl} & & & OCH & & & H \\ & & & \diagdown & & & C \\ & CH_3 & & CH & & HC \diagup\!\!\diagup & \diagdown\ CH \\ & | & + & \| & = & | & \quad \| & + 2H_2O \\ C_6H_5 & -C & & CH-CH_3 & & C_6H_5-C & \quad C-CH_3 \\ & \diagdown\!\!\diagdown & & & & \diagdown\!\!\diagdown & \diagup \\ & \quad NOH & & & & \quad N & \end{array}$$

M. Pictet a l'intention d'étendre cette réaction à d'autres oximes et d'autres aldéhydes ou cétones.

M. F. KEHRMANN rend compte d'un travail qu'il a fait avec M. E. RÜTTIMANN sur les *combinaisons complexes de l'acide arsénique avec l'acide tungstique.* Ce travail a établi la complète analogie de ces corps avec les combinaisons phosphotungstiques.

L'*acide arsénioduodécitungstique,* $3H_2O.As_2O_5.24WO_3 + aq.$, qui est très peu stable et n'a été obtenu qu'en solution, fournit un sel d'ammonium insoluble dans l'eau, qui a pour formule $3(NH_4)_2O.As_2O_5.24WO_3 + aq.$, et qui, au point de vue de sa composition et de ses propriétés, correspond absolument au sel de Sonnenschein (phosphoduodécimolybdate d'ammonium). Sous l'influence des carbonates alcalins, ce sel est dédoublé ; il se forme un tungstate et un sel de la série $7R_2O.As_2O_5.22WO_3 + aq.$ Cette série est isomorphe avec les combinaisons phosphotungstiques de composition correspondante.

Lorsqu'on fait bouillir le tungstate de sodium avec un excès d'acide arsénique, il se forme le sel de sodium de l'*acide arséniolutéotungstique* $3H_2O.As_2O_5.18WO_3 + aq.$ Cet acide est à tous égards l'analogue de l'acide phospholutéotungstique découvert et décrit par l'auteur. Il est coloré en jaune-citron, montre une grande stabilité, cristallise bien dans l'eau et se décompose sous l'influence des carbonates alcalins en fournissant un tungstate et un sel de la série $5R_2O.As_2O_5.17WO_3 + aq.$, laquelle correspond à la série phosphotungstique $5R_2O.P_2O_5.17WO_3 + aq.$

M. F. ULLMANN a poursuivi, en collaboration avec M. E. MALLET, ses essais sur la *formation de dérivés du biphényle* à partir de composés benzéniques ortho-aminés[1].

Lorsqu'on soumet la *p*-toluyl-*o*-benzamide (I) à la réaction de Hofmann, elle se convertit en *o*-aminophényl-*p*-tolylcétone (II). Celle-ci, diazotée en solution sulfurique et décomposée par l'ébullition, fournit, suivant la réaction habituelle, une *méthylfluorénone* fusible à 66°,5 (III).

[1] *Archives* (3) *33*, 109, 594 ; (4) *2*, 191 ; *4*, 90.

CO —CH_3 CO | NH_2 — I

CO —CH_3 NH_2 — II

CO —CH_3 — III

Séance du 9 décembre.

P.-A. Guye et P. Dutoit. Effets thermiques dus au mélange des liquides. — C. Græbe. Nouveau carbure d'hydrogène. — F. Reverdin et Kacer. Migration de l'atome d'iode.

M. le prof. P.-A. Guye et M. P. Dutoit ont mesuré les effets thermiques produits par le mélange de liquides organiques en apparence sans action chimique les uns sur les autres, tels que benzène, toluène, nitrobenzène, aniline, toluidine, diméthylaniline, bromure d'éthylène. Ils ont constaté que tous ces liquides se mélangent avec absorption de chaleur; celle-ci est très faible lorsqu'il s'agit de corps chimiquement très voisins, comme le benzène et le toluène, ou l'aniline et la diméthylaniline; elle devient plus considérable avec des corps appartenant à des groupes différents. Par exemple, le mélange de 40 gr. d'aniline et de 60 gr. de toluène donne lieu à une absorption de chaleur de 201 cal. gr. En dissolvant 1 mol. gr. d'aniline dans 18,6 mol. gr. de toluène, l'effet thermique est de —922 cal. gr., soit à peu près du même ordre de grandeur que la chaleur de formation du benzène à l'état solide.

D'une manière générale, les auteurs ont constaté que les effets thermiques produits par la dissolution de 1 mol. gr. d'un liquide dans n mol. gr. d'un autre étaient assez bien représentés par la formule

$$Q = \frac{-n}{n+x} K$$

dans laquelle x et K sont des constantes spécifiques. Au signe

près, cette formule est la même que celle qui a été adoptée par Thomsen pour représenter la chaleur dégagée par la dissolution de l'acide sulfurique dans l'eau.

M. le prof. GRÆBE a repris un travail commencé il y a une douzaine d'années et concernant un hydrocarbure obtenu dans la purification du toluène au moyen de l'acide sulfurique. Ce corps bout à 262°,5 sous la pression de 738^{mm} et se distingue par une très grande stabilité. Son analyse conduit à la formule $C_{15}H_{22}$; cependant cette expression ne doit pas être considérée comme définitive, car il n'a pas été possible jusqu'ici de préparer des dérivés bien caractérisés.

Les propriétés du nouvel hydrocarbure font présumer qu'il renferme un noyau benzénique et un ou deux noyaux complètement réduits. On peut supposer qu'il prend naissance par condensation du toluène avec un autre corps, peut-être oxygéné, contenu dans le goudron. Il est probable, en outre, qu'il est identique, ou du moins qu'il est dans une relation constitutionnelle étroite avec un carbure $C_{14}H_{22}$, décrit en 1889 par Hell et Rockenbach et obtenu dans la rectification de la toluidine brute.

M. F. REVERDIN communique les résultats des recherches qu'il a faites sur la *nitration de quelques dérivés aromatiques iodés*, recherches qui forment la suite de celles qu'il a publiées précédemment sur un cas de migration de l'atome d'iode dans la nitration des dérivés iodés de l'anisol et du phénétol[1]. Il a étudié spécialement, en collaboration avec M. KACER, la nitration de l'*o* et du *p*-iodotoluène, ainsi que celle des éthers méthyliques des acides *o* et *p*-iodobenzoïques.

L'*o*-iodotoluène donne par nitration un dérivé mononitré fusible à 103°, déjà décrit par Beilstein et Kuhlberg; sa constitution a été déterminée et répond à la formule $C_6H_3.CH_3(1)I(2)NO_2(5)$. Le *p*-iodotoluène fournit comme

[1] *Archives* (4) *1*, 317 et *2*, 557.

produit principal le *p*-iodo-*o*-nitrotoluène fusible à 60°,5, déjà connu et possédant la formule $C_6H_3.CH_3(1)I(4)NO_2(2)$. Il se forme en même temps, par élimination de l'atome d'iode, du *p*-nitrotoluène et un diiodonitrotoluène fusible à 112°.

Les éthers méthyliques des acides *o* et *p*-iodobenzoïques fournissent à la nitration des dérivés mononitrés qui diffèrent par leur point de fusion, leur forme cristalline et leurs solubilités; le dérivé de l'acide *ortho* est en aiguilles jaune pâle, fusibles à 123°, celui de l'acide *para* en feuillets rhombiques fusibles à 103°,5. Il n'y a donc pas eu migration de l'atome d'iode. L'auteur se propose d'étendre encore ses recherches à quelques autres dérivés iodés. A. P.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE

Séance du 16 décembre 1897.

Président. Décès de M. Kammermann. — Briquet. Organisation et mode de dissémination du fruit chez *Bupleurum Lophocarpum*. — Chodat. Recherches sur la membrane plasmique. — Chodat. Algues littorales du lac de Genève. — C. de Candolle. Expériences de MM. Brown et Escombe sur l'effet des grands froids. — E. Sarasin. L'ouvrage de M. Delebecque sur les lacs français.

M. le Président se fait l'organe des regrets profonds causés au sein de la Société par la perte qu'elle vient de faire dans la personne d'un de ses membres, A. Kammermann, astronome, mort la veille à l'âge de 36 ans. Il retrace en quelques mots sa carrière scientifique.

M. Briquet présente une note *sur l'organisation et le mode de dissémination du fruit chez Bupleurum Lophocarpum* Boiss. et Bal. — Balansa a découvert jadis dans le Taurus de Lilicie un Buplèvre aux fruits singuliers que Boissier a décrits en ces termes : « fructu magno oblongo jugis in alas alternatim dextrorsum et sinistrorsum spongiose inflatas dilatatis [1]. » Cette description laconique et peu claire se rapporte à une organisation que nous ne connaissons chez aucune autre Ombellifère et qui mérite d'être examinée de plus près.

Les méricarpes mûrs du *B. Lophocarpum* sont oblongs, longs de 4 mm et atteignant un diamètre maximum de 2,5 mm. Dans le sens commissural, de 1 — 1,5 mm. seule-

ment dans le sens antéro-postérieur. Les cinq côtes développées en ailes hautes de 0.5 — 0.8 mm. ont une organisaiion différente suivant qu'il s'agit des ailes *commissurales* ou des ailes *baténales* et *dorsale*. — Les ailes latérales et dorsale sont, comme a voulu l'indiquer Boissier, très fortement ondulées en sinusoïde régulière, les arcs dépassant alternativement à droite et à gauche l'axe de l'aile d'env. 0,2 mm. Il importe de remarquer que la ligne même d'insertion des ailes n'est pas ondulée mais que l'ondulation est très marquée sur les marges, d'où il résulte que les ailes sont gonflées en voiles alternativement à gauche et à droite. Le nombre des *voiles* est habituellement de 8 dans chaque sens; leur diamètre est d'environ 0,2 — 0,3 mm. — Les ailes commissurales couvrent, en droite ligne, tout le long des côtes commissurales sans présenter les caractères qui viennent d'être décrits. C'est à peine si elles montrent çà et là une vague trace d'ondulation. — Les vallécules sont creusées en sillons entre les ailes.

L'anatomie des méricarpes permet de vérifier l'alternance régulière des voiles à gauche et à droite. Elle met en outre en évidence les caractères suivants : L'épicarpe possède des éléments médiocres, à parois extérieures relativement minces, recouvertes d'une cuticule striée, plus épaisse sur les cellules du sommet des ailes. Le mésocarpe est constitué par une première assise hypodermique à petits éléments très riches en chloroplastes. Sous ce chlorenchyme hypodermique, se trouvent deux ou trois couches de parenchyme pauvre en chloroplastes, à gros éléments polyédriques. L'endocarpe a des éléments parallélipipédiques à parois internes et externes épaissies à la façon d'un collenchyme. Il n'y a pas trace de bandelettes. Les faisceaux, au nombre de cinq, sont placés à la base des ailes contre l'endocarpe; leur bois est pauvre en éléments mécaniques. Les ailes sont dépourvues d'éléments mécaniques; les deux épidermes ne sont séparés, sauf à la base, que par 1 — 2 (— 3) assises de parenchyme mésocarpique. L'endosperme et l'embryon n'offrent aucun caractère particulier.

L'organisation remarquable du fruit oblige à créer pour le

B. Lophocarpum une sous-section *Lophocarpa*, parallèle à nos groupes *Lævia* et *Rugosa*. Mais l'intérêt qui s'attache à ces fruits ne s'arrête pas là. On sait que les ailes du fruit ont, chez les Ombellifères, une importance pour la dissémination. Les méricarpes du *B. Lophocarpum* méritent d'être envisagés à ce point de vue. Le poids total d'un méricarpe sec varie entre 0,002 et 0,0035 milligrammes. Lorsqu'on le laisse tomber, il descend assez rapidement en tournant sur lui-même et en décrivant une courbe qui varie avec la vitesse du vent. Placé sur le sol, le méricarpe fuit sous le vent en exécutant des bonds irréguliers. Ce dernier mode de locomotion est vraisemblablement le plus habituel, comme chez les autres Buplèvres à fruits ailés *(B. stellatum, B. petræum)*, mais il est hors de doute que l'ondulation en sinusoïde des ailes dénote une adaptation à la locomotion par le vent plus avancée que chez les espèces qui viennent d'être citées. L'efficacité de la voilure est non seulement plus grande à cause de l'augmentation de surface des ailes, mais aussi à cause de la forme des voiles. Lorsque le vent vient frapper les ailes planes, il s'échappe à droite et à gauche en ayant peu perdu de sa force, tandis que chez le *B. Lophocarpum* il s'engouffre dans de véritables poches, d'où il doit sortir en tourbillonnant et en cédant beaucoup plus de force vive.

Quant aux ailes commissurales planes, nous nous rendons difficilement compte de leurs fonctions; il ne serait toutefois pas impossible qu'elles jouent un rôle comme gouvernail.

La distribution géographique du *B. Lophocarpum* étant encore inconnue, il serait téméraire de vouloir disserter sur les rapports qui peuvent exister entre elle et le mode de dissémination. Mais, même en supposant que cette espèce soit très localisée en Asie Mineure, il faudrait se garder de conclure au peu d'efficacité de l'adaptation étudiée ci-dessus avant de connaître les conditions biologiques que le *B. Lophocarpum* réclame.

M. le prof. R. Chodat expose à la Société le résultat des recherches qu'il a entreprises sur la *membrane plasmique*.

Une partie de ces observations ont été faites en commun avec M. le Dr A. Boubier.

L'auteur a été frappé par le fait que lors de la plasmolyse des cellules végétales, le sac protoplasmique loin de se détacher de la membrane, ainsi que cela est dit dans tous les ouvrages, (à part deux citations qui seront indiquées plus loin) reste toujours, au moins pendant un temps assez prolongé, en relation avec la membrane cellulaire par des filets de hyaloplasma. Pour mettre ces filets en évidence il suffit de plonger le tissu ou les cellules à examiner dans un liquide plasmolysant indifférent. Pour les algues et les cellules des parenchymes, une solution de nitrate de potassium à 5 °/₀ suffit. Pour les poils protecteurs et sécréteurs il faut en général des concentrations de 10 — 12 °/₀.

Dans ces conditions, si la plasmolyse a produit le retrait de la majeure partie du protoplasma qui constitue un sac clos au milieu de la cellule, on verra toujours partir du hyaloplasma un système de filets le plus souvent très fins, simples ou dichotomisés qui vont s'insérer contre la couche interne de la membrane. Si l'expérience a été faite avec un plasmolysant convenable, le nombre de ces filets est incalculable : tout l'utricule protoplasmique émet des milliers de rayons qui lui forment une auréole curieuse. Un des objets les plus démonstratifs est donné par les cellules isolées du mésocarpe du fruit de *Symphoricarpus racemosus*. Ici comme ailleurs, on peut voir que du côté de la membrane cellulosique, ces rayons sont réunis par une couche très mince de hyaloplasma adhérent. Vue de face, on peut s'assurer que souvent cette couche est réticulée et que de ce réseau partent les filets d'ectoplasma qui rayonnent vers l'utricule plasmolysé.

Ce phénomène a été observé avec tout autant de netteté chez des cellules prises dans les différents groupes de végétaux : Algues (Oedogoniacées, Chétophoracées, Conjugées, Vaucheria), Champignons (Saprolegniées), Mousses et Hépatiques (feuilles), Characées, Fougères (Prothalle et parenchyme foliaire), Phanérogames (tous les parenchymes vivants).

Pringsheim est le seul botaniste qui s'en soit occupé ; mais

cet auteur est loin d'avoir observé les filets minces et s'est borné à constater les trabécules grossières. Son explication du phénomène est aussi juste qu'ingénieuse ; il l'attribue à la consistance mucilagineuse-visqueuse de la zone périphérique du protoplasma qui ne se sépare qu'avec irrégularité de la membrane. Cette opinion n'est pas acceptée par Kohl qui s'est occupé des communications protoplasmiques entre les cellules. Kohl prétend que par la plasmolyse, chez les algues vertes l'utricule protoplasmique après la plasmolyse reste attaché par des filets aux membranes séparatrices seulement, tandis que latéralement cela ne serait pas. Il considère cette formation de filets comme la preuve de communications intercellulaires. En opposition à cette théorie (sans préjuger de la question relative aux communications protoplasmiques intercellulaires qui est autre), il a été observé avec beaucoup de netteté que, même dans les algues étudiées par Kohl, les filets se forment vers les parois latérales aussi bien que vers les parois séparatrices. Chez les Vaucheries enfin où il n'y a pas de cellules, la plasmolyse fait apparaître ces filets dans toutes les régions du thalle.

Cela est tout aussi évident si l'on s'adresse à des poils : les filets protoplasmiques rayonnent dans toutes les directions et non pas seulement vers la base du poil. (Solanées, Labiées, Primulacées).

Les poils radicaux de *Triana bogotensis* et de *Hydrocharis* ont donné le même résultat.

On sait qu'en plasmolysant légèrement les cellules d'*Elodea canadensis*, le mouvement protoplasmique continue pendant assez longtemps, On sait aussi que la couche périplasmique (Hautschicht) est immobile.

Dans les objets traités comme il a été dit, le mouvement se faisait à l'intérieur de la couche périplasmique suspendue par les fils rayonnants vers la membrane. Indépendamment de sa consistance visqueuse, l'adhérence à la membrane, démontrée par cette expérience, semble être l'une des causes de l'immobilité de cette couche externe.

Enfin la nutrition et l'accroissement des membranes cellulosiques s'expliquent plus facilement si l'on tient compte du

fait que la couche périplasmique est adhérente avec l'utricule cellulosique. Chez beaucoup d'algues, cette couche se transforme directement en zones d'apposition qui vont se souder aux anciennes ou qui servent à l'élimination des zoospores par leur gélificat on. La distinction que fait Strasburger quand il prétend que ce n'est pas la couche la plus interne de la membrane qui se gélifie et met en liberté les zoospores mais que ceci est dû à la membrane périplasmique, est sans importance, car cette dernière étant membranogène chez beaucoup d'algues en croissance, il n'y a pas une limite nette entre la membrane cellulaire et le périplasma, la dernière se transformant constamment en lamelle cellulaire (ainsi dans la production des stipes gélifiés des Hormutila et de Mischococcus.)

Ces filets ont été aussi entrevus par Towsend, mais il les considère aussi comme filets communiquants de cellule à cellule, ce qui n'est vrai qu'en partie.

Vu la généralité du phénomène et l'ignorance presque complète dans laquelle on était à ce sujet, il était utile d'insister sur l'adhérence intime qui se fait entre le plasma et la membrane. Les auteurs qui se sont occupés le plus de plasmolyse n'en ont pas fait mention. Il est désormais, pour tout travailleur consciencieux, important d'en tenir compte.

L'objection de Kohl à la théorie de Pringsheim n'est pas valable et désormais il ne faudra pas conclure à la présence de filets protoplasmiques communiquants lorsqu'on ne les aura fait apparaître que par plasmolyse[1].

M. Chodat présente une seconde communication relative à des *algues littorales du lac de Genève*.

[1] Pringsheim, *Ueber den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle*, Berlin, 1854.

Kohl, *Protoplasmaverbindungen bei den Algen*, Ber. d. d. bot. Ges. 9. 9.

Pfeffer, *Sur les recherches de Towsen relatives à l'influence du noyau sur la formation de la membrane*, in Bericht der math. phys. Classe der Königl. Gesellschaft. der Wiss. zu Leipzig, pg. 506.

Il a découvert dans le mucus du *Batrachospermum dunsum* Sirodot (espèce nouvelle pour la Suisse et pour les lacs en général) une flagellée voisine de Dinobryon. La coque est une enveloppe urcéolée supportée par un long stipe filiforme. Du corps part une soie immobile qui traverse le col de l'urcéole et va aboutir bien loin dans le milieu externe. Le chromatophore est comme chez Dinobryon, mais il n'y a pas de point rouge. Mais la raison qui rend cette flagellée intéressante c'est son mode de division. L'auteur a pu suivre à plusieurs reprises toute l'évolution du phénomène. La segmentation se fait constamment par division transversale, puis le plan devient de plus en plus oblique et au bout de quelques minutes les deux cellules disposées longitudinalement sont mises en liberté et vont émigrer au loin; les cils n'ont pu être comptés. M. Chodat propose pour ce nouveau genre le nom de *Stylococcus*. C'est la première fois qu'on constate avec certitude une division transversale chez une flagellée. L'espèce unique portera le nom de *St. Aureus* Chod.

M. Chodat a eu aussi à s'occuper de l'évolution de l'œuf de *Coleochæte pulvinata*. Il n'admet pas plus pour ces coleochætées que pour les autres algues vertes ou brunes une alternance de générations analogue à ce qui est de règle chez les Bryophytes et les Ptéridophytes.

Il s'est déjà élevé contre la théorie classique qui consiste à voir dans les Coleochæte les précurseurs des Mousses au point de vue de l'Archégone et du Sporophyte (voir son mémoire The Polymorphisme of the green Algæ and the principles of their evolution in Annals of Botany 1897). Ses objections théoriques sont maintenant confirmées par ses observations. Il a vu que l'œuf ne forme pas le thalle, d'ailleurs insuffisamment décrit par Pringsheim, mais deux groupes de cellules plus ou moins adhérentes et qui peuvent finalement se libérer comme autant de spores. Ces dernières peuvent germer directement en un petit thalle rudimentaire ramifié et muni des soies caractéristiques pour le genre ou émettre une zoospore ou plusieurs si elles se sont subdivisées.

Il considère le soi-disant sporogone comme dû à la concrescence des produits de la divisions de l'œuf par germination

hâtive à l'intérieur du tissu cortiquant. Ce serait une transformation analogue à celle qui s'observe chez les Protococoïdées ou les zoospores deviennent spores puis autocolonie. Enfin l'homologie parfaite entre la zoospore et le gamète mâle, tous deux formés aux dépens d'une cellule non subdivisée et l'équivalence comme origine de l'œuf et de l'anthérozoïde n'ont point d'analogue chez les Bryophytes et les Ptridophytes.

Plus encore si le sporogone des Bryophytes et des Ptridophytes dérivait de ce qu'on a nommé ainsi chez les Coleochæte, on devrait retrouver ici la production de cellules mères des spores, ce qui n'a pas lieu; chaque zoospore naît solitaire des cellules du pseudo-thalle issu de la fécondation.

Le cas de Fucus si bien étudié par Farmer parle aussi contre l'alternance de génération chez les algues brunes. La réduction des chromosomes se fait avec la naissance des organes de fécondation sans qu'elle corresponde à la formation d'un thalle spécial. Il est téméraire de supposer que chez Fucus l'état sexuel serait réduit aux seuls organes sexuels. Il n'y a pas et il n'a sans doute jamais existé chez ces plantes d'alternance entre un gamétophyte et un sporophyte.

M. C. de Candolle signale la récente publication dans *Nature* d'un travail de MM. Horace, T. Brown et F. Escombe sur la *vitalité des graines refroidies (the vitality of refrigerated seeds)*[1].

Ces savants ont réussi à maintenir des graines pendant 110 heures consécutives à la température de 183° 192° centigrades au-dessous de zéro, en employant pour cela un réfrigérateur à air liquide mis à leur disposition par M. le professeur Dewar. L'expérience effectuée dans le laboratoire Jodrell à Kew, a porté sur des graines appartenant aux espèces suivantes : *Hordeum distichon*, *Avena sativa*, *Cucurbita Pepo*, *Cyclanthera explodens*, *Lotus tetragonilobus*, *Pisum elatius*, *Trigonella fœminea-græcum*, *Impatiens Balsamina*, *He-*

[1] *Nature*, *décembre* 9, 1897.

lianthus annuus, Heracleum villosum, Convolvulus tricolor, Funckia Sieboldiana.

Les graines avaient été simplement séchées à l'air, de sorte qu'elles renfermaient encore de 10 à 12 °/₀ d'humidité. Après l'expérience elles furent lentement dégelées, puis mises à germer. Or, non seulement elles n'avaient rien perdu de leur faculté germinative, mais en outre les plantes auxquelles elles donnèrent naissance se développèrent avec tout autant de vigueur que celles résultant d'autres graines des mêmes espèces et de la même provenance qui avaient été réservées comme témoins.

Ces résultats confirment et corroborent ceux obtenus jusqu'ici par les divers expérimentateurs qui se sont occupés de l'action des basses températures sur les germes végétaux [1].

Admettant que tout métabolisme intracellulaire est suspendu à la basse température à laquelle ils ont opéré, MM. Brown et Escombe arrivent, comme MM. R. Pictet et C. de Candolle, à cette conclusion : que le protoplasma contenu dans les graines peut subsister indéfiniment à l'état d'inertie absolue et sans être le siège d'aucun phénomène vital, tout en conservant intacte sa faculté d'évoluer dès que les conditions ambiantes redeviennent favorables aux manifestations de la vie.

M. Ed. SARASIN présente à la Société, au nom de M. DELEBECQUE, le bel ouvrage que ce dernier vient de publier sur *Les Lacs français* et expose en quelques mots le contenu de cette importante publication [2].

[1] Edwards et Colin, *Ann. sc. nat. sér. 1, p. 257, 1834;* E. Wartmann, *Archives des sc. phys. et nat. 1860, p. 277;* C. de Candolle et R. Pictet *ibid. 1879, pér. 3, t. 11, p 36, 54, 629;* E. Wartmann *ibid. 1881 t V. p. 343;* R. Pictet *ibid. 1884 t. XI, p. 320*; C. de Candolle et R. Pictet *ibid. 1884, p. 325;* R. Pictet *ibid. 1893, t. XXX, p. 311;* C. de Candolle *ibid. 1895, p. 497;* R. Chodat, *Bull. herb. Boissier 1896 t. IV, p. 894.*

[2] Voir ci-dessus p. 84.

Séance du 6 janvier 1898.

W. Spring. Sur la coloration des eaux. — F.-A. Forel. Le phénomène erratique en Finlande.

Au nom de son auteur M. Ed. Sarasin communique un mémoire de M. W. Spring, professeur à Liège, *Sur le rôle des composés ferriques et des matières humiques dans le phénomène de la coloration des eaux et sur l'élimination de ces substances sous l'influence de la lumière solaire*[1].

M. F.-A. Forel décrit le *phénomène erratique en Finlande*, en particulier les *ozars* et explique comment la théorie des géologues suédois et finlandais peut être complétée pour expliquer la formation de ces derniers[2].

[1] Voir ci-dessus, p. 5, le mémoire de M. Spring.

[2] V. *Arch.*, t. IV, 1897, p. 473.

ARTHUR KAMMERMANN

Le jour même où paraissait notre dernier numéro, les *Archives* faisaient une perte douloureuse dans la personne de Kammermann, astronome à l'Observatoire de Genève, un de nos principaux collaborateurs.

Nous aurons l'occasion de revenir sur la carrière scientifique de cet homme de travail et de devoir. Rappelons seulement aujourd'hui qu'il est né le 24 décembre 1861 à Bienne, qu'après avoir accompli le cycle des études primaires, secondaires et supérieures, il sortait du Polytechnicum de Zurich avant d'avoir atteint sa 20me année. Initié par R. Wolf aux travaux astronomiques, il entrait, sur sa recommandation, en septembre 1881 à l'Observatoire de Genève, c'est là qu'il a travaillé avec ardeur, conscience et persévérance durant seize années dans les diverses branches de l'activité de cet établissement, astronomie, chronométrie et surtout météorologie. Il a publié de nombreux travaux dans les *Archives* et c'est à lui que nous devions en particulier, depuis 1881, le résumé météorologique annuel pour Genève et le Grand Saint-Bernard.

Malade depuis plusieurs mois, Kammermann s'est alité le 5 novembre et il s'est éteint le 15 décembre, laissant un grand vide à l'Observatoire et chez tous ceux qui avaient été à même d'apprécier la droiture de son caractère énergique et la bonté de son cœur. Que sa famille, si cruellement éprouvée, reçoive le témoignage de nos vifs regrets et de notre profonde sympathie.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1897

Le 1er, à 9 h. 15 m. du matin, coup de föhn bien caractérisé; la température monte brusquement de 5 degrés et la fraction de saturation descend de 0.75 à 0.38. A 10 h. du matin, neige ; à 9 h. du soir, couronne lunaire. Hauteur de la neige : 2 cm.

2, très forte gelée blanche le matin ; la bise se lève pendant la soirée.

3, forte bise jusqu'à 4 h. du soir ; neige à 1 h. du soir et pendant la soirée ; elle fond à mesure qu'elle tombe.

5, forte bise pendant tout le jour.

7, brouillard enveloppant pendant toute la journée.

8, pluie depuis 10 h. du matin et pendant le reste de la journée.

9, fort vent pendant la journée ; pluie à 7 h. du soir.

10, neige et pluie depuis 7 h. du soir.

11, fort vent pendant tout le jour; légère pluie à 7 h. du soir.

13, ciel clair pendant toute la journée; 7 h. 50 m. de soleil.

15, pluie pendant tout le jour.

Du 16 au 19, brouillard enveloppant pendant tout le jour.

Les 21 et 22, assez forte bise; ciel entièrement couvert.

Du 25 au 30, brouillard enveloppant pendant tout le jour.

Les 27, 28 et 29, givre intense.

31, le ciel s'éclaircit pendant la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 1 h. matin	725,73	Le 3 à 8 h matin.	718.14
4 à 10 h. matin	725,11	7 à minuit	731,65
7 à 10 h matin	734,23	11 à minuit	716,68
10 à 10 h. matin	724,21	14 à 10 h. soir	724,65
12 à 10 h. matin	728.98	17 à minuit	736,13
18 à 10 h. matin	738,06	20 à 9 h. soir	731,29
23 à 10 h. matin	738,30	26 à 1 h. matin	738,06
27 à minuit	741,00	31 à 11 h. soir	716,19

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Observ. MM.	SÉCHERON Ph. Plantamour	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLOGNY R. Gautier	JUSSY M. Micheli	OBSERVAT.	COMPESIERES Pellegrin	ATHENAZ J.-J. Decor	SATIGNY P. Pelletier
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Total...	....	57.1	50.8	41.5	57.2	53.0	81.7	72.5

Durée totale de l'insolation à Jussy : 32h 10m.

GENÈVE. — DÉCEMBRE 1897.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm					h.	+ °	°	cm.
1	722,22	— 4,52	720,95	725,99	+ 0,64	— 1,61	— 2,8	+ 4,9	856	+ 6	700	950	3,9	5	SSW. 1	5,2	0,90	0,0	7,7	— 0,2	126,5
2	721,49	— 5,59	720,82	721,74	+ 0,72	— 1,40	— 1,9	+ 4,1	896	+ 45	840	970	...	..	NNE. 1	10,4	1,00	0,0	7,5	— 0,4	128,4
3	719,73	— 7,09	718,14	722,75	+ 1,24	— 0,76	+ 0,4	+ 2,7	841	— 11	650	960	1,9	4	NNE. 2	22,1	1,00	0,0	7,6	— 0,1	128,5
4	723,95	— 2,91	722,81	725,41	+ 1,31	— 0,57	+ 0,3	+ 2,8	824	— 28	700	950	...	..	NNE. 1	12,9	1,00	0,0	7,1	— 0,5	126,7
5	724,10	— 2,80	723,15	725,78	+ 1,19	— 0,57	+ 0,9	+ 1,8	724	—129	540	790	...	..	NNE. 3	26,4	1,00	0,0	....	.....	126,0
6	728,75	+ 1,81	726,07	731,59	+ 1,36	— 0,29	+ 0,8	+ 2,1	759	— 95	710	820	...	..	NE. 1	10,4	1,00	0,0	7,1	— 0,3	126,8
7	733,12	+ 6,14	731,65	734,43	+ 1,52	— 0,02	+ 0,8	+ 3,1	816	— 38	780	870	...	..	calme	3,3	1,00	0,0	6,8	— 0,5	123,5
8	726,37	— 0,65	720,02	732,75	+ 3,54	+ 2,11	+ 0,7	+ 7,1	855	0	740	910	9,6	14	WSW. 1	11,2	1,00	0,0	6,9	— 0,3	124,0
9	719,35	— 7,71	718,01	721,05	+ 4,73	+ 3,41	+ 1,4	+ 7,4	760	— 96	640	870	2,2	1	SSW. 2	16,2	0,97	0,4	7,0	— 0,1	121,5
10	721,59	— 5,51	717,45	724,21	+ 2,39	+ 1,17	+ 0,8	+ 6,9	770	— 86	550	960	6,2	5	SSW. 1	10,0	0,85	3,1	7,0	— 0,1	123,8
11	721,68	— 5,46	716,68	728,17	+ 6,79	+ 5,67	+ 1,6	+11,2	802	— 55	710	940	15,9	11	SSW. 2	21,6	1,00	2,1	7,0	0,0	119,5
12	727,96	+ 0,78	726,77	728,98	+ 6,07	+ 5,05	+ 2,5	+ 9,6	670	—188	500	820	...	..	SSW. 1	6,2	0,97	0,0	....	.....	120,0
13	727,67	+ 0,45	727,18	728,92	+ 9,04	+ 8,11	+ 4,8	+15,6	648	—210	480	770	...	..	SSW. 1	7,3	0,03	7,8	7,2	+ 0,4	124,2
14	725,74	— 1,52	724,65	727,38	+ 3,41	+ 2,57	— 0,2	+ 8,9	837	— 22	720	960	...	..	calme	2,5	0,87	2,1	6,9	+ 0,2	122,5
15	728,75	+ 1,45	725,10	732,35	+ 4,69	+ 3,94	+ 0,6	+ 7,0	985	+126	970	1000	16,0	18	N. 1	4,6	1,00	0,0	6,9	+ 0,3	123,5
16	734,19	+ 6,85	732,28	735,97	+ 5,21	+ 4,54	+ 4,0	+ 6,3	966	+106	930	1000	1,5	2	var.	4,2	1,00	0,0	7,0	+ 0,5	123,6
17	736,81	+ 9,44	736,13	738,03	+ 2,75	+ 2,16	+ 1,7	+ 4,0	950	+ 90	930	960	...	..	var.	3,5	1,00	0,0	7,0	+ 0,5	123,0
18	737,01	+ 9,60	735,80	738,06	+ 0,47	— 0,34	— 0,8	+ 1,7	968	+107	940	980	...	..	S. 1	3,3	1,00	0,0	6,8	+ 0,4	121,5
19	733,78	+ 6,33	732,00	736,00	— 0,54	— 0,98	— 2,0	+ 1,2	937	+ 76	870	970	...	..	var.	3,7	1,00	0,0	....	.....	120,0
20	731,89	+ 4,41	731,29	732,33	+ 0,56	+ 0,19	— 0,6	+ 1,8	843	— 19	770	930	...	..	NNE. 1	9,6	1,00	0,0	6,9	+ 0,7	120,0
21	733,03	+ 5,51	731,37	735,22	+ 0,38	+ 0,08	— 0,2	+ 1,3	799	— 63	720	870	...	..	NNE. 2	20,2	1,00	0,0	5,8	— 0,4	120,2
22	736,82	+ 9,26	735,26	738,19	— 0,80	— 1,04	— 1,8	+ 0,6	809	— 54	760	850	...	..	NNE. 2	17,7	1,00	0,0	5,6	— 0,5	119,3
23	737,60	+10,01	736,85	738,30	— 1,45	— 1,63	— 2,1	+ 0,2	805	— 58	710	860	...	..	NNE. 1	5,6	0,72	2,3	5,6	— 0,4	118,8
24	735,73	+ 8,41	734,98	736,89	— 2,06	— 2,18	— 3,0	— 1,1	832	— 31	800	860	...	..	NNE. 1	7,7	1,00	0,0	5,4	— 0,6	118,5
25	736,16	+ 8,51	735,27	737,93	— 2,82	— 2,89	— 4,1	— 1,2	866	+ 2	830	910	...	..	calme	2,1	1,00	0,0	....	.....	115,0
26	739,57	+11,89	738,06	740,95	— 3,28	— 3,30	— 6,3	— 0,9	894	+ 30	810	950	...	..	calme	3,5	0,60	0,0	....	.....	115,0
27	739,02	+11,31	737,41	741,00	— 5,37	— 5,34	— 7,1	— 2,5	971	+107	920	1000	...	..	calme	3,1	1,00	0,0	5,0	— 0,8	113,5
28	736,56	+ 8,83	735,78	737,64	— 4,83	— 4,76	— 7,3	— 2,7	986	+121	950	1000	...	..	calme	3,1	1,00	0,0	4,8	— 0,9	114,1
29	734,78	+ 7,02	732,00	736,86	— 1,79	— 1,68	— 4,5	+ 3,5	973	+108	820	1000	...	..	var.	2,1	0,85	4,4	5,1	— 0,6	112,8
30	724,85	— 2,93	719,80	731,60	— 2,32	— 2,17	— 5,0	+ 0,1	995	+130	980	1000	...	..	N. 1	2,9	1,00	0,0	5,3	— 0,3	110,7
31	718,31	— 9,49	716,19	720,11	+ 2,67	+ 2,85	— 0,2	+ 7,3	840	— 25	640	990	...	..	SW. 1	3,5	0,67	0,0	5,5	0,0	105,0
Mois	729,62	+ 1,66			+ 1,13	+ 0,33			854	— 11						8,58	0,92		6,48	—0,13	120,53

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1897

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	724,48	724,36	724,12	724,70	723,93	723,50	723,71	723,51
2e »	730,01	730,02	730,31	731,05	730,44	730,48	730,95	731,12
3e »	734,48	734,28	734,09	734,61	733,47	733,34	733,35	733,24
Mois	729,81	729,71	729,66	730,26	729,41	729,24	729,46	729,42

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 1,31	+ 1,16	+ 0,99	+ 2,41	+ 2,79	+ 2,24	+ 2,18	+ 1,83
2e »	+ 3,18	+ 2,88	+ 2,62	+ 4,29	+ 5,43	+ 4,83	+ 3,87	+ 3,41
3e »	— 2,40	— 2,61	— 2,94	— 2,19	— 0,61	— 0,82	— 1,85	— 2,35
Mois	+ 0,60	+ 0,38	+ 0,12	+ 1,39	+ 2,40	+ 1,99	+ 1,29	+ 0,86

Fraction de saturation en millièmes.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade	808	801	831	751	765	813	847	865
2e »	879	882	914	851	814	821	870	854
3e »	895	885	924	877	826	885	908	906
Mois	862	857	891	828	803	841	876	876

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limni-mètre.
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	+ 0,14	+ 4,29	+ 7,19	0,97	3,5	12,81	23,8	125,57
2e »	+ 1,16	+ 6,73	+ 6,96	0,89	12,0	6,65	33,4	121,78
3e »	— 3,78	+ 0,42	+ 5,34	0,89	6,7	6,50	...	114,81
Mois	— 0,92	+ 3 70	+ 6,48	0,92	22,2	8,58	57,2	120,53

Dans ce mois l'air a été calme 41,9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 2,17 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 27°,7 E. et son intensité est égale à 15,6 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1897.

Le 1er, neige depuis 10 h. du matin à 7 h. du soir.
2, neige depuis 10 h. du soir.
3, neige pendant toute la journée ; fort vent.
5, neige pendant tout le jour; brouillard à 10 h. du soir.
7, ciel clair durant toute la journée.
8, neige depuis 1 h. du soir.
9, neige pendant tout le jour.
10, neige le matin et depuis 7 h. du soir.
11, neige pendant toute la journée; assez forte bise.
13, ciel clair pendant toute la journée depuis 10 h. du matin.
14, neige le matin, puis brouillard jusqu'à 1 h. du soir; brouillard depuis 4 h. du soir.
15, neige, puis brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
Du 16 au 29, ciel clair ou légèrement nuageux pendant toute la journée.
Le 30, brouillard depuis 1 h. du soir.
31, neige jusqu'à 4 h. du soir, puis brouillard; fort vent pendant tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à minuit	560,25	Le 3 à 8 h. matin	552,75
7 à 9 h. soir	566,75	3 à 3 h. soir	552,60
10 à 11 h. matin	557,25	13 à 8 h. matin	565,10
13 à midi	566,00	17 à 1 h. matin	571,00
18 à minuit	573,20	21 à 6 h. matin	564,50
21 à 11 h. soir	565,95	27 à 11 h. soir	571,00
27 à minuit	572,10	31 à 11 h. soir	556,00
31 à minuit	559,30		

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1897

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.				
1	557.70	— 4,25	555,90	560,25	— 7,19	— 0,47	— 9,6	— 4,7	200	15,0	....	SW.	1	0.65
2	555,72	— 6,21	555,45	556,05	—10.64	— 3.84	—12,6	— 8,4	.....	.....	....	SW.	1	0 40
3	554,23	— 7,68	552,75	556,25	— 9,14	— 2,26	—10,8	— 6,3	200	14,0	....	SW.	2	0.95
4	556.58	— 5,31	556,30	557,30	—10,92	— 3.96	—14,3	— 5.8	.....	.....	....	var.		0 10
5	557,74	— 4,13	556,10	560,05	— 4,22	+ 2,82	— 8,2	— 2,2	180	8,2	....	SW.	1	0.93
6	562.53	+ 0.68	560,25	565,00	— 4,42	+ 2,70	— 6,3	— 0.8	.....	.....	....	SW.	1	0 38
7	566.18	+ 4.36	565,15	566,75	— 5,20	+ 2,01	— 6,5	— 3,8	.....	.....	....	NE.	1	0.0[illegible]
8	562,46	+ 0,66	557,65	566,15	— 3,29	+ 4,00	— 3,9	+ 0,7	400	26,5	....	SW.	1	0,92
9	554,14	— 7,64	552,60	557,50	— 9,84	— 2,47	—12,3	— 7,0	250	16,3	....	NE.	1	1.00
10	555,81	— 5,95	553,35	557,25	—10,90	— 3,46	—13,8	— 7,6	200	12,4	....	var.		0,65
11	557,34	— 4,40	555.00	561,10	— 7,25	+ 0.26	—11,0	— 4,6	280	20,0	....	NE.	1	1,00
12	563.76	+ 2,04	561,35	565,20	— 4,00	+ 3,58	—10,6	+ 0.5	.....	.....	....	NE.	1	0,45
13	565,55	+ 3,85	565,10	566,00	— 3,12	+ 4,53	— 5,3	— 0,4	.....	.....	....	SW.	1	0,05
14	564.97	+ 3,29	561,60	565.35	— 7,64	+ 0,08	— 9,5	— 5,4	.....	.....	....	SW.	1	0,98
15	565,92	+ 4,26	564,75	567,35	— 5,50	+ 2,28	— 6,8	— 4,7	.....	.....	....	SW.	1	0.75
16	569.45	+ 7,81	567,20	571,40	— 4,92	+ 2,92	— 6,2	— 2.6	.....	.....	....	SW.	1	0 00
17	572.17	+10 54	571,00	573,10	— 4,15	+ 3,75	— 3,8	— 1,7	.....	.....	....	SW.	1	0 00
18	571 93	+10,32	570,40	573.20	— 2,40	+ 5,56	— 5.0	— 0,4	.....	.....	....	SW.	1	0.00
19	568,71	+ 7,12	567,30	570,40	— 1,15	+ 6,87	— 2,9	+ 1,0	.....	.....	....	NE.	1	0 05
20	565,79	+ 4,22	564 95	567,20	— 3,37	+ 4,71	— 5,0	— 0,8	.....	.....	....	NE.	1	0,05
21	565.01	+ 3,45	564,50	565,95	— 6,22	+ 1,91	— 9,8	— 3,3	.....	.....	....	NE.	1	0.00
22	567,09	+ 5,54	566,00	568 15	— 9.39	— 1,21	—15,7	— 5,6	.....	.....	....	SW.	1	0 00
23	567.84	+ 6,31	567,50	568,20	— 8.47	— 0,24	—12 1	— 5,9	.....	.....	....	NE.	1	0,00
24	567.40	+ 5.59	566.40	567.80	— 6,79	+ 1,49	— 8,7	— 4,9	.....	.....	....	SW.	1	0 00
25	567.64	+ 6,15	567,18	568 50	— 7,57	+ 0,76	— 8,8	— 5,5	.....	.....	....	NE.	1	0.07
26	570.58	+ 9,11	568.90	572.05	— 7,09	+ 1,28	— 8,6	— 3.9	.....	.....	....	NE.	1	0.00
27	571,49	+10,03	571.00	572,10	— 5,95	+ 2,46	— 7.9	— 3.1	.....	.....	....	SW.	1	0,00
28	569 37	+ 7.93	568,55	570.55	— 8,02	+ 0.43	— 9,2	— 6.3	.....	.....	....	SW.	1	0.15
29	568,68	+ 7,26	568,25	569,15	— 7,95	+ 0,54	—10,0	— 5,5	.....	.....	....	SW.	1	0.02
30	564,00	+ 2,60	559,80	567.80	— 9,87	— 1,34	—10,0	— 6,5	.....	.....	....	SW.	2	0 77
31	557,79	— 3.59	556,00	559 30	— 8.77	— 0.20	— 9,8	— 6,5	.....	.....	....	SW.	2	1.00
Mois	564.04	+ 1,72			— 6,62	+ 0 97								0 37

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1897.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	558,52	558,38	558,36	558,61	558,10	558,14	558,17	558,21
2e » ...	566,02	566,09	566,27	566,76	566,62	566,69	566,95	567,07
3 » ...	567,34	567,08	567,08	567,33	566,77	566,69	566,70	566,72
Mois	564,07	563,96	564,00	564,33	563,92	563,93	564,03	564,09

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 8,00	— 7,18	— 6,41	— 7,38	— 7,62	— 7,72
2e » ...	— 4,95	— 3,92	— 2,66	— 3,97	— 4,61	— 4,86
3e » ...	— 8,23	— 7,26	— 6,24	— 7,56	— 8,23	— 8,30
Mois	— 7,10	— 6,16	— 5,14	— 6,35	— 6,86	— 7,00

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 9,83	— 4,59	0,60	92 4	143.0
2e » ...	— 6,61	— 1,91	0,33	20.0	28.0
3e » ...	— 10,05	— 5,18	0,18	....	....
Mois	— 8,87	— 3,94	0,37	112.4	171.0

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 0,51 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 36,6 sur 100.

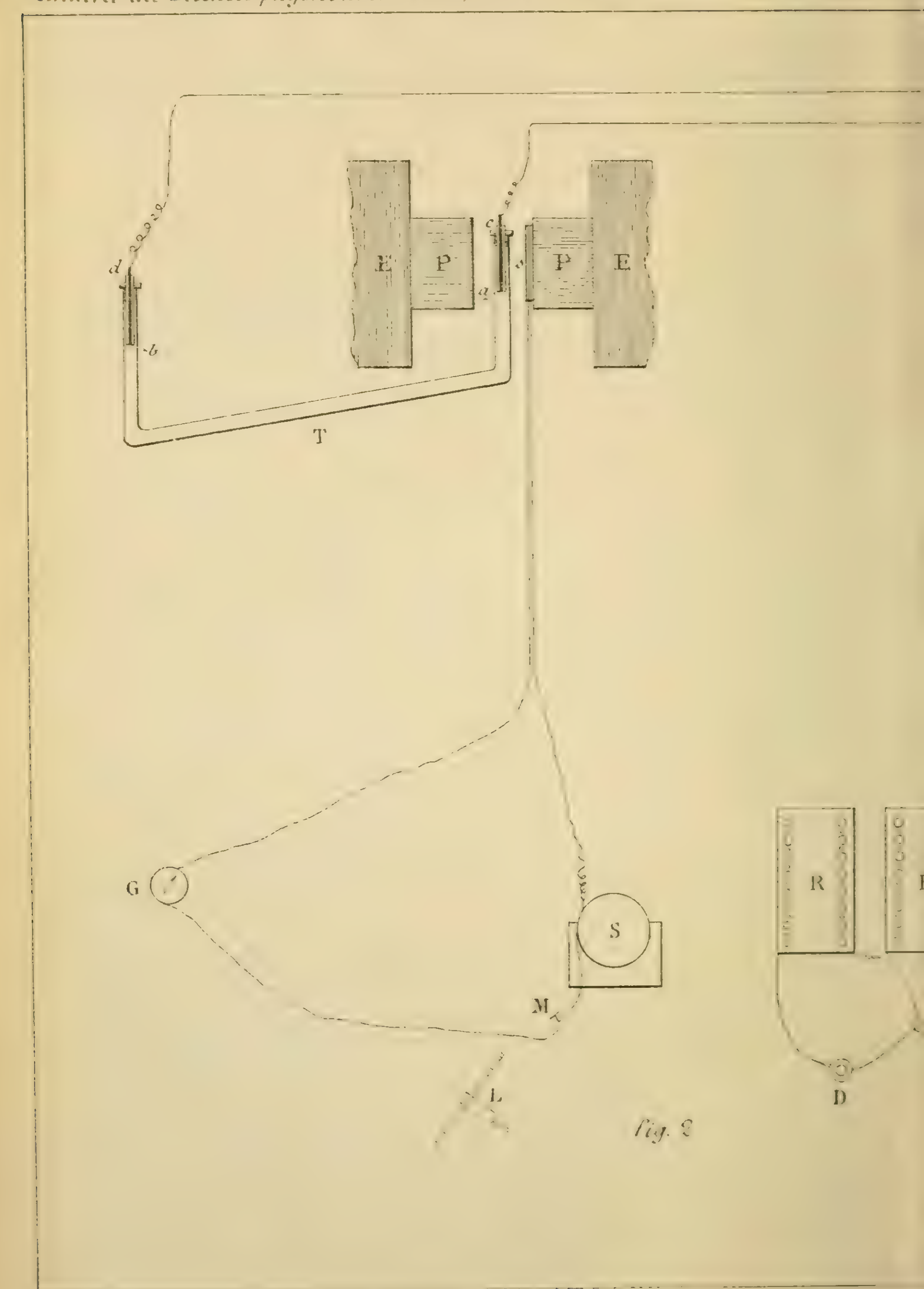
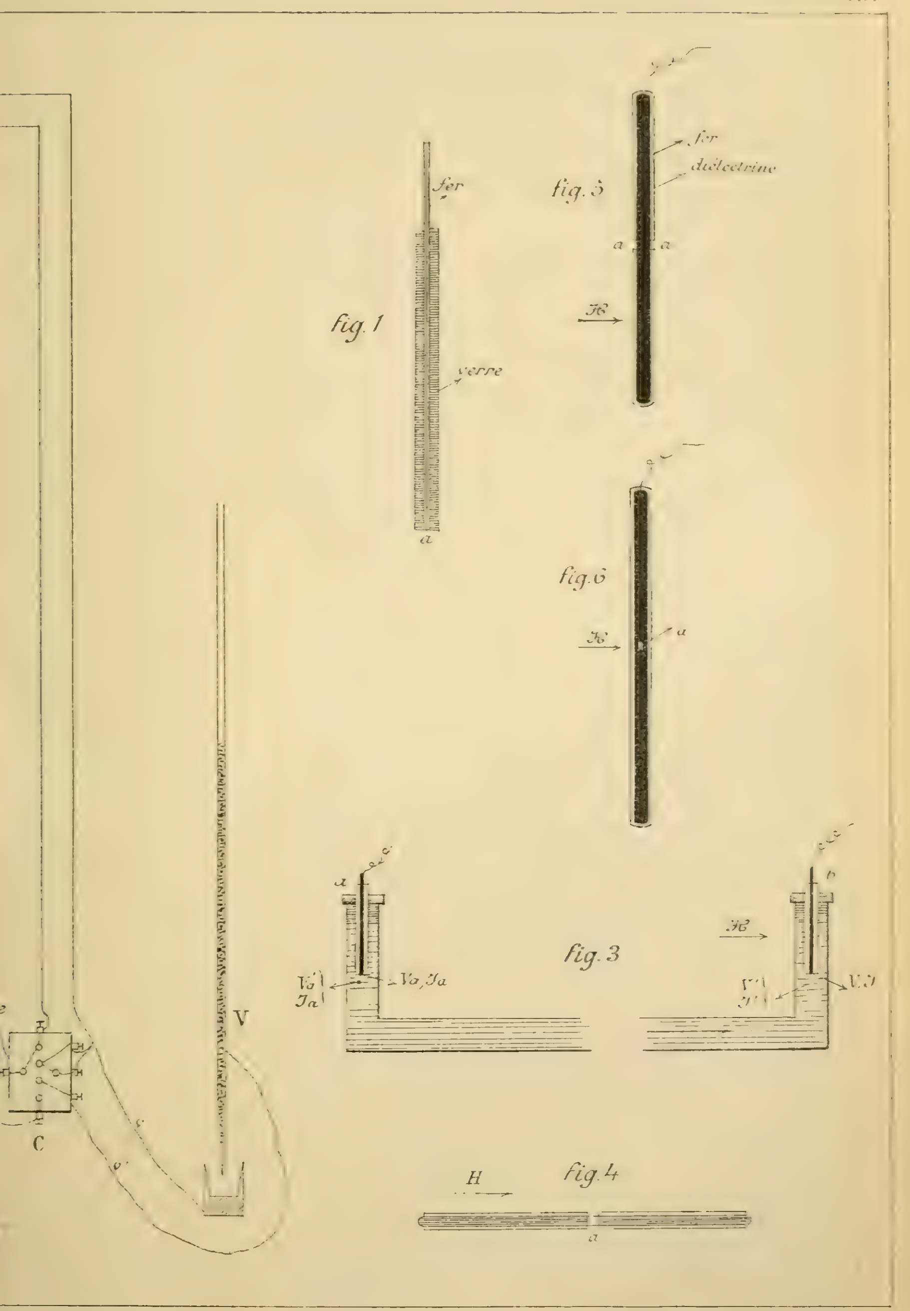
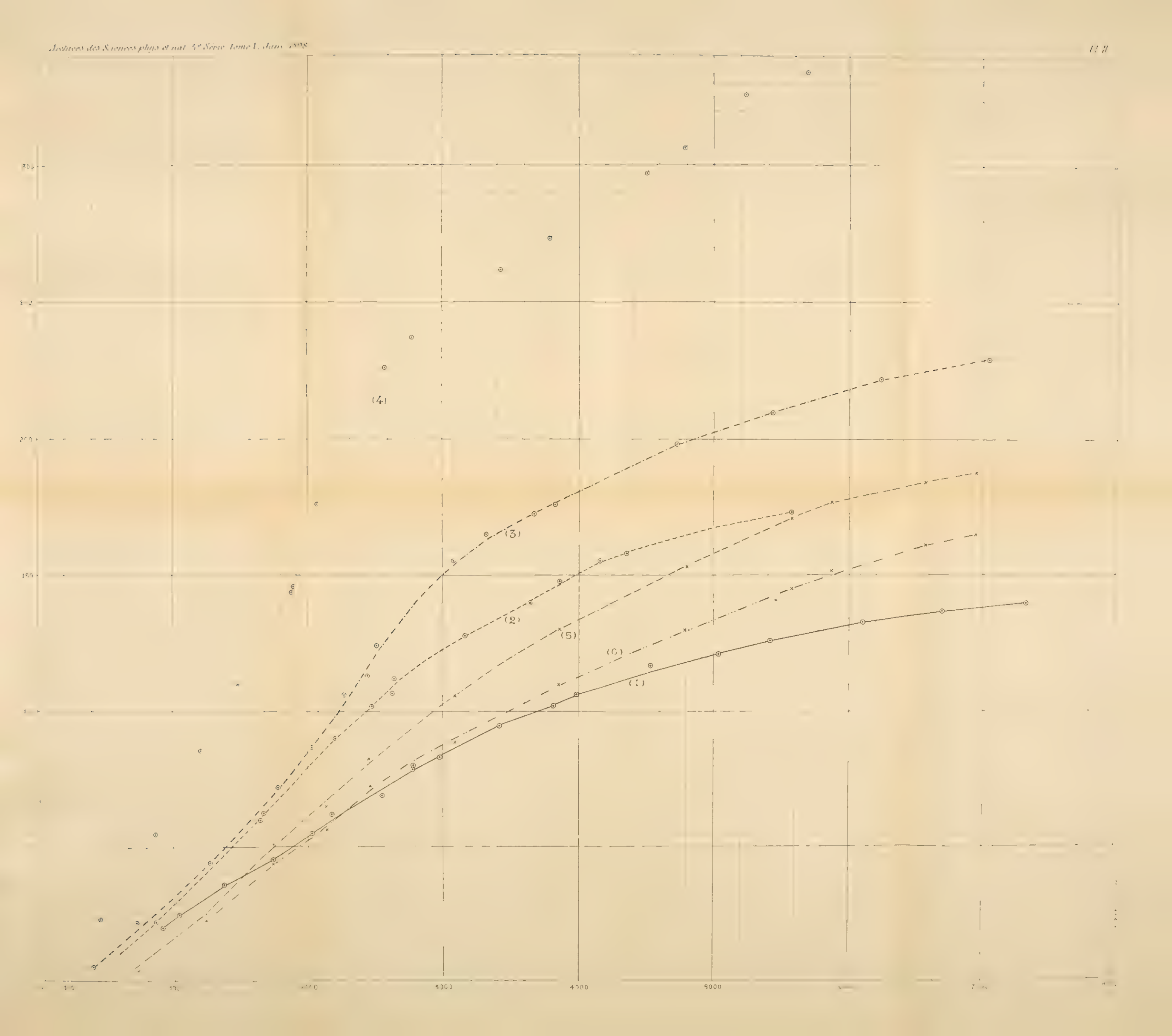


fig. 2


fig. 1
fer
verre
a
fig. 5
fer
diélectrine
a
a
fig. 6
a
fig. 3
Va, Ja
H
fig. 4
a
V
C


(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)
150
200
3000
4000
5000

SUR QUELQUES DÉRIVÉS

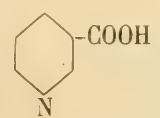
DE

L'ACIDE NICOTIQUE

PAR

Amé PICTET et G. SUSSDORFF.

L'*acide nicotique* ou *nicotianique*, $C_6H_5NO_2$, a été obtenu pour la première fois en 1867 par Huber[1] en oxydant la nicotine. On l'a trouvé depuis lors parmi les produits de décomposition de plusieurs autres alcaloïdes végétaux (pilocarpine, hydrastine, berbérine, trigonelline, etc.). Sa formation à partir de la quinoléine, ainsi que plusieurs synthèses, ont établi sa constitution : c'est le dérivé β-carboxylé de la pyridine,



La relation que présente cet acide avec l'alcaloïde du tabac nous a engagés à entreprendre l'étude de quelques-

[1] *Liebig's Annalen*, **141**, 277.

uns de ses dérivés. D'après l'hypothèse qui a été émise par M. Pinner et que plusieurs travaux récents semblent vérifier, la formule de la nicotine découlerait, en effet, de celle de l'acide nicotique par substitution du radical de la *n-méthylpyrrolidine* au carboxyle :

$CH_2 — CH_2$
-COOH
-CH CH_2
N
N N
CH_3

Acide nicotique. Nicotine.

Il ne paraissait donc pas impossible que l'acide nicotique pût servir de point de départ à une synthèse de la nicotine et que l'on pût arriver à reproduire cet alcaloïde, ou tout au moins à préparer des composés de constitution analogue, en remplaçant l'hydroxyle de l'acide par un atome d'azote, lequel serait lui-même lié à un groupe méthyle et à une chaîne de trois atomes de carbone :

C —— C
-CO C
N
N
CH_3

En effectuant ensuite la fermeture du noyau pyrrolique par liaison du dernier atome de carbone de cette chaîne avec celui du groupe CO, on devait obtenir des corps renfermant le même groupement moléculaire que la nicotine.

Dans le présent article nous donnons un résumé de la première partie de ce travail, concernant la préparation

et l'étude de quelques amides substituées de l'acide nicotique.

Préparation de l'acide nicotique.

Huber s'était servi de l'acide chromique pour oxyder la nicotine; après lui, MM. Weidel[1] et Laiblin[2] ont montré que l'on pouvait aussi employer d'autres agents, tels que l'acide nitrique et le permanganate de potasse. Nous avons successivement utilisé ces trois procédés et nous avons pu constater que celui qui est de beaucoup le plus avantageux et le plus expéditif est celui de M. Weidel qui consiste à traiter la nicotine par l'acide nitrique. Nous y avons cependant apporté quelques modifications de détail et nous nous sommes arrêtés au mode opératoire suivant, qui fournit un rendement moyen de 82 °/₀ de la quantité théorique.

10 gr. de nicotine sont dissous dans 100 gr. d'eau et additionnés de 20 gr. d'acide azotique concentré (densité 1,4). On verse cette solution dans 250 gr. du même acide que l'on a introduits dans un ballon. Celui-ci est ensuite porté sur le bain-marie. La réaction ne tarde pas à se déclarer; elle devient assez vive, sans cependant jamais être tumultueuse, et il se dégage d'abondantes vapeurs rutilantes. Après 2 ou 3 heures, celles-ci ont cessé de se produire; le liquide est alors transvasé dans une cornue et réduit au tiers de son volume par distillation sur le bain de sable, puis on verse dans une capsule et on termine l'évaporation au bain-marie.

[1] *Liebig's Annalen*, **165**, 330.

[2] *Ibid.*, **196**, 134.

Le résidu forme une masse cristalline blanche qui est le *nitrate de l'acide nicotique*,

-COOH

N

H NO_3

On le purifie par cristallisation dans l'alcool bouillant et l'on obtient ainsi de petits prismes incolores, fusibles à 185° et très solubles dans l'eau froide.

L'acide nicotique peut être retiré de son nitrate par l'un ou l'autre des trois procédés suivants :

1. Par une simple distillation. Le sel est, en effet, décomposé en ses deux constituants par l'action de la chaleur. On l'introduit dans une petite cornue et l'on chauffe à feu nu. Il se produit très vite une vive réaction et la totalité de l'acide azotique distille; on change alors le récipient et l'on recueille, à une température beaucoup plus élevée, l'acide nicotique sous la forme d'une masse solide et blanche, fusible à 229°.

2. Par l'action de l'anhydride acétique. Il suffit de chauffer le mélange des deux corps au bain-marie pendant un quart d'heure; il y a abondant dégagement de vapeurs rouges et l'acide nicotique cristallise par refroidissement en aiguilles qui fondent à 229°.

3. Par l'intermédiaire du sel de cuivre. On dissout le nitrate dans l'ammoniaque et l'on évapore à siccité; le résidu est repris par l'eau froide et filtré. Il reste alors sur le filtre une petite quantité (environ 3,5 $^{0}/_{0}$ de la nicotine employée) d'un produit dont la nature n'est pas encore absolument déterminée et sur lequel nous

espérons revenir dans un prochain article. Le liquide, qui ne renferme que du nicotate et du nitrate d'ammoniaque, est additionné d'une solution saturée d'acétate de cuivre; l'acide nicotique est alors entièrement précipité sous la forme de son sel de cuivre, lequel, filtré et séché à l'air, constitue une poudre d'un beau bleu de ciel. Il ne reste plus qu'à mettre ce sel en suspension dans une assez grande quantité d'eau chaude et à la décomposer par un courant d'hydrogène sulfuré. Après filtration et concentration de la solution bouillante, l'acide nicotique cristallise en petites aiguilles blanches fusibles à 229°.

En traitant l'acide ou son nitrate, en solution alcoolique, par l'acide chlorhydrique gazeux, nous avons obtenu le *nicotate d'éthyle*,

$$\text{(pyridine ring)}\text{-}COOC_2H_5 \quad (N)$$

déjà préparé en 1894 par M. Engler[1]. Ce corps est un liquide incolore, d'une odeur agréable, bouillant sans décomposition à 220-221° sous la pression de 724 mm.

Son *nitrate* cristallise en jolies aiguilles blanches qui fondent à 185° en se décomposant.

Son *chlorhydrate* forme une masse blanche, fusible à 126-127°, extrêmement soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool et insoluble dans l'éther. Il possède une saveur à la fois fraîche, amère et un peu astringente.

[1] *Berichte*, **27**, 1787.

Analyse : Subst. gr. 0,2696
AgCl gr. 0,2053

	Trouvé	Calculé pour $C_8H_9NO_2$. HCl
Cl	18,84 %	18,89 %

MÉTHYLNICOTAMIDE.

$$C_5H_4N\text{-}CO\text{-}NH\text{-}CH_3$$

On ajoute à l'éther nicotique une solution de méthylamine à 33 %, celle-ci en léger excès sur la quantité calculée pour 1 molécule, et on laisse reposer au moins 24 heures à la température ordinaire. Les deux liquides, qui forment d'abord deux couches séparées, se mélangent peu à peu et finissent par donner une solution limpide. Celle-ci est alors évaporée à sec au bain-marie : le résidu forme une masse cristalline blanche, facilement soluble dans l'eau, l'alcool et le chloroforme, moins soluble dans le benzène et insoluble dans la ligroïne. Elle cristallise dans le benzène ou dans un mélange de chloroforme et de ligroïne en belles aiguilles plates, atteignant parfois 4 cm. de longueur et fondant à 104-105°. Ce corps est la *méthylnicotamide*, qui a pris naissance selon l'équation suivante :

$$C_5H_4N.\,COOC_2H_5 + NH_2\text{-}CH_3 = C_5H_4N.\,CONHCH_3 + C_2H_5OH$$

Analyse : I. Subst. gr. 0,1564
CO_2 gr. 0,3551
H_2O gr. 0,0827
II. Subst. gr. 0,1503
N 27,8 cmc. (t = 15°,5, bar. = 720^{mm},4)

	Trouvé	Calculé pour $C_7H_8N_2O$
C	61,92 %	61,76 %
H	5,88	5,88
N	20,46	20,59

La méthylnicotamide possède une saveur amère peu prononcée. Sa solution aqueuse ou chlorhydrique n'est précipitée par aucun des réactifs usuels des bases organiques, à l'exception du chlorure mercurique qui fournit avec la base libre (mais non avec son chlorhydrate) un précipité floconneux blanc que l'on peut recristalliser dans l'eau bouillante.

L'*iodométhylate de méthylnicotamide* prend naissance lorsqu'on chauffe à l'ébullition, pendant 3 heures, une solution de la base dans l'alcool méthylique avec un excès d'iodure de méthyle. Il cristallise en aiguilles courtes, jaune pâle, fusibles à 174° et très solubles dans l'eau froide.

Analyse : Subst. gr. 0,1956
AgI gr. 0,1634

Trouvé	Calculé pour $C_7H_8N_2O. CH_3I$
I 45,12 %	45,59 %

Le *méthylnitrate* correspondant, obtenu dans le dosage d'iode ci-dessus, forme, par cristallisation dans un mélange d'alcool et d'éther, de petits prismes blancs, qui fondent à 155-156° en se décomposant.

On sait que les hydrates quaternaires des acides pyridiques sont instables et se décomposent spontanément en perdant une molécule d'eau et en fournissant des *bétaïnes*. Lorsqu'on traite, par exemple, l'iodométhylate de l'acide nicotique par l'oxyde d'argent, on n'obtient pas le méthylhydrate correspondant, mais la méthylbétaïne nicotique, laquelle est, comme l'a montré Jahns[1], identique avec la *trigonelline*, alcaloïde qui se trouve dans

[1] *Berichte*, **20**, 2840.

les semences du fenu-grec, du chanvre, du pois, de l'avoine, etc.

$$\underset{\substack{\text{Méthylhydrate}\\ \text{de l'acide nicotique.}}}{C_5H_4N(CH_3)(OH)\text{-}COOH} = \underset{\text{Trigonelline.}}{C_5H_4N(CH_3)\text{—}O\text{—}CO} + H_2O$$

Il nous a paru intéressant de faire un essai semblable avec l'iodométhylate de méthylnicotamide. En effet, si le méthylhydrate correspondant n'était pas doué d'une stabilité plus grande que celui de l'acide nicotique et qu'il perdît aussi facilement une molécule d'eau, il devait se former, selon l'équation suivante, un composé bétaïnique d'un type nouveau, dans lequel l'atome d'oxygène des bétaïnes ordinaires serait remplacé par un atome d'azote :

$$\underset{\substack{\text{Méthylhydrate}\\ \text{de méthylnicotamide.}}}{C_5H_4N(CH_3)(OH)\text{—}CO\text{—}NH\text{-}CH_3} = C_5H_4N(CH_3)\text{—}N(CH_3)\text{—}CO + H_2O$$

En traitant l'iodométhylate de méthylnicotamide par l'oxyde d'argent, nous avons obtenu une solution très alcaline du méthylhydrate, que nous avons évaporée à sec au bain-marie. Le résidu constitue une masse cristalline facilement soluble dans l'eau froide avec une réaction neutre. Par cristallisation dans un mélange d'alcool méthylique et d'éther, la substance se transforme en petites

aiguilles blanches, qui noircissent sans fondre vers 180°. Leur analyse a donné les résultats suivants :

I.	Subst.	gr. 0,1458
	Perte à 110°	gr. 0,0172
II.	Subst.	gr. 0,1593
	CO_2	gr. 0,3171
	H_2O	gr. 0,0841
III.	Subst.	gr. 0,1458
	N	11,8 cmc. (bar. 726,4^{mm}, t = 15°)

	Trouvé	Calculé pour $C_7H_7NO_2 + H_2O$
H_2O	11,79 %	11,61 %
C	54,29	54,19
H	5,87	5,81
N	9,05	9,03

Ces chiffres montrent que la substance n'est autre chose que la trigonelline, ce qui est du reste confirmé par l'examen des propriétés de la base et de ses sels, et par la comparaison que nous en avons faite avec un échantillon de trigonelline préparée en partant de l'acide nicotique.

La décomposition du méthylhydrate de méthylnicotamide sous l'influence de la chaleur ne s'effectue donc pas selon l'équation ci-dessus avec départ d'une molécule d'eau, mais bien selon l'équation suivante avec départ d'une molécule de méthylamine :

CO
N NH - CH_3
CH_3 OH
=
CO
N — O
CH_3
+ NH_2-CH_3

Méthylhydrate de méthylnicotamide.

Trigonelline.

Amylnicotamide.

$$C_5H_4N\text{-}CO\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH(CH_3)_2$$

On l'obtient comme le dérivé méthylé, en mélangeant en solution aqueuse des quantités équimoléculaires d'éther nicotique et d'amylamine, et en laissant reposer pendant quelques jours à la température ordinaire. Le produit de la réaction ne peut cependant, comme dans le cas précédent, être isolé par évaporation de la solution, car il y a alors saponification et l'on n'obtient comme résidu que de l'acide nicotique. Il faut agiter la solution aqueuse avec de l'éther ; celui-ci, après dessiccation au moyen du carbonate de potasse, est chassé par distillation et laisse un résidu sirupeux que l'on purifie en le distillant sous pression réduite.

L'amylnicotamide est un liquide épais, bouillant à 191-193° sous une pression de 8 mm.

Analyse : Subst.	gr.	0,2641
CO_2	gr.	0,6630
H_2O	gr.	0,1983

	Trouvé	Calculé pour $C_{11}H_{16}N_2O$
C	68,47 %	68,75 %
H	8,34	8,33

Allylnicotamide.

$$C_5H_4N\text{-}CO-NH-CH_2-CH{=}CH_2$$

En procédant de la même manière avec un mélange

d'éther nicotique et d'allylamine, nous avons obtenu une substance sirupeuse, jaune, distillant presque entièrement à 315-316° sous la pression ordinaire. La combustion de ce corps nous ayant donné des résultats peu satisfaisants (Analyse I), nous avons cherché à préparer l'allylnicotamide en chauffant le mélange d'allylamine et de nicotate d'éthyle en tube fermé à 200° pendant 6 heures, et en purifiant le produit par distillation dans le vide. Il passe à 186-189° sous une pression de 8 mm. Ce mode opératoire nous a fourni un produit à peu près identique comme composition au précédent (Analyse II), et une nouvelle rectification sous pression réduite n'a pas changé sensiblement ces résultats (Analyse III).

Analyse :	I.	Subst.	gr.	0,2620
		CO_2	gr.	0,6241
		H_2O	gr.	0,1513
	II.	Subst.	gr.	0,2421
		CO_2	gr.	0,5754
		H_2O	gr.	0,1506
	III.	Subst.	gr.	0,1916
		CO_2	gr.	0,4567
		H_2O	gr.	0,1150

	Trouvé			Calculé pour
	I.	II.	III.	$C_9H_{10}N_2O$
C	64,97	64,82	65,01 %	66,67 %
H	6,42	6,91	6,67	6,17

Il ne nous a donc pas été possible d'obtenir l'allylnicotamide à l'état de pureté. Il est probable qu'elle reste mélangée à une certaine quantité d'éthylnicotamide dont elle ne peut être débarrassée par simple distillation. On peut facilement s'expliquer la formation de cette dernière substance en admettant que, par double décomposition entre le nicotate d'éthyle et l'allylamine, il se forme du

nicotate d'allyle et de l'éthylamine et que ces deux derniers composés réagissent l'un sur l'autre en donnant de l'éthylnicotamide et de l'alcool allylique.

Nicotanilide.

$$C_5H_4N\text{-}CO\text{-}NH\text{-}C_6H_5$$

On peut obtenir la nicotanilide en chauffant des poids équimoléculaires d'acide nicotique et d'aniline à 150° pendant 5 heures. Mais il est préférable d'opérer comme suit : on chauffe au bain-marie, dans un ballon à distiller, l'acide nicotique (1 mol.) avec du perchlorure de phosphore (1 mol.). Une vive réaction se produit bientôt et l'on obtient une masse pâteuse qui renferme le chlorhydrate du chlorure de nicotyle. Sans chercher à isoler celui-ci, on chasse par distillation l'oxychlorure de phosphore formé et on ajoute de l'aniline en excès. Il se forme alors, avec un grand dégagement de chaleur, le chlorhydrate de nicotanilide.

Les deux équations suivantes expriment cette double réaction :

$$C_5H_4N.\ COOH + PCl_5 = C_5H_4N.\ COCl.\ HCl + POCl_3$$

$$C_5H_4N.\ COCl.\ HCl + 2C_6H_5.NH_2 = C_5H_4N.CONHC_6H_5.HCl + C_6H_5NH_2.\ HCl.$$

Le contenu du ballon est extrait par l'eau bouillante et la solution précipitée par un alcali ou un carbonate alcalin. On obtient ainsi la nicotanilide sous la forme de petites aiguilles blanches que l'on purifie par une nouvelle cristallisation dans l'eau bouillante.

Ces aiguilles fondent à 85° et renferment 2 mol. d'eau de cristallisation qui se dégagent entièrement à 110°.

Analyse : Subst. gr. 0,7562
Perte à 110° gr. 0,1193

	Trouvé	Calculé pour $C_{12}H_{10}N_2O + 2H_2O$
H_2O	15,78 %	15,38 %

La substance anhydre constitue une masse un peu jaunâtre qui se convertit par cristallisation dans un mélange de ligroïne et de benzène, ou de ligroïne et de chloroforme, en aiguilles courtes, incolores, fusibles à 132°.

Analyse : I. Subst. gr. 0,2073
CO_2 gr. 0,5546
H_2O gr. 0,0971
II. Subst. gr. 0,2136
N 27,4 cmc. (bar. 715,1^{mm}; t = 17°)

	Trouvé	Calculé pour $C_{12}H_{10}N_2O$
C	72,96 %	72,73 %
H	5,20	5,05
N	13,98	14,14

La nicotanilide est soluble dans l'eau chaude, l'alcool, le benzène et le chloroforme, insoluble dans l'eau froide et dans la ligroïne.

Nicotylparatoluidine.

- CO-NH - - CH_3
N

Préparé de la même manière que le précédent, ce corps cristallise dans l'eau bouillante en superbes aiguilles incolores qui peuvent atteindre 5-6 cm. de longueur. Il

ne renferme pas d'eau de cristallisation et fond à 150°. Ses solubilités sont les mêmes que celles de son homologue inférieur.

Analyse : I. Subst. gr. 0,1455
CO_2 gr. 0,3939
H_2O gr. 0,0757
II. Subst. gr. 0,1699
N 20,4 cmc. (bar. 730,2^{mm}; t = 18,°5)

	Trouvé	Calculé pour $C_{13}H_{12}N_2O$
C	73,83 %	73,58 %
H	5,78	5,66
N	13,52	13,21

Essais de transformation des nicotamides substituées en dérivés pyrroliques.

1. Nous avons cherché en premier lieu à réaliser la synthèse de la nicotyrine (premier produit d'oxydation de la nicotine) par déshydratation de la *méthylallylnicotamide :*

$$C_5H_4N{-}CO{-}N(CH_3){-}CH_2{-}CH{=}CH_2 = C_5H_4N{-}C_4H_3N(CH_3) + H_2O$$

Méthylallylnicotamide. Nicotyrine.

Pour préparer la méthylallylnicotamide, nous avons eu d'abord recours au procédé décrit dans les pages précédentes, et nous avons abandonné à lui-même pendant plusieurs jours, en solution aqueuse, un mélange équimoléculaire de méthylallylamine et d'éther nicotique. Mais il n'y a, dans ces conditions, aucune combinaison

des deux substances. Il est fort probable, du reste, que ce mode de préparation n'est pas applicable aux bases secondaires en général, car un essai fait avec la pipéridine nous a donné également un résultat négatif[1].

Nous sommes cependant arrivés au but de la manière suivante : La méthylnicotamide est dissoute dans du benzène sec; à cette solution on ajoute du potassium. Celui-ci se dissout avec dégagement d'hydrogène et il se forme peu à peu un dépôt cristallin jaunâtre qui est le sel potassique de la méthylnicotamide, $C_5H_4N\text{-}CO\text{-}NK\text{-}CH_3$. En traitant celui-ci par l'iodure d'allyle, nous avons obtenu la *méthylallylnicotamide* sous la forme d'un liquide épais. Nous avons soumis ce composé à l'action de divers déshydratants, mais sans réussir jusqu'ici à isoler du produit de la réaction un corps ayant les propriétés de la nicotyrine.

2. Nous avons chauffé à 160-170°, en tube scellé, un mélange de méthylnicotamide et d'alcool allylique, espérant provoquer une double condensation dans le sens de l'équation suivante :

$$\begin{array}{ccccccc} & & CH_2 = CH & & & HC - CH & \\ & & | & & & \| \quad\;\; \| & \\ C_5H_4N\text{-}CO & + & CH_2OH & = & C_5H_4N\text{-}C & \quad CH & + \; 2H_2O \\ \diagdown & & & & \diagdown & \diagup & \\ NH & & & & & N & \\ | & & & & & | & \\ CH_3 & & & & & CH_3 & \end{array}$$

Le produit de l'opération constitue un liquide brun qui donne très nettement la réaction des pyrrols (colora-

[1] Nous n'avons obtenu de cette manière que le *nicotate de pipéridine*, $C_5H_4N.\ COOH.\ C_5H_{11}N$, sous la forme de longues aiguilles incolores, fusibles à 122°.

tion rouge violet du bois de sapin), mais nous n'avons pu parvenir à y constater avec certitude la présence de la nicotyrine.

L'insuccès de ces deux essais, effectués avec une petite quantité de substance, ne doit point être considéré comme concluant. Nous reprendrons ces expériences dans de meilleures conditions et nous ne les avons mentionnées ici que pour indiquer dès à présent dans quelle direction nous avons l'intention de poursuivre nos recherches.

SUR LA

MIGRATION DE L'ATOME D'IODE

DANS LA

NITRATION DES DÉRIVÉS IODÉS AROMATIQUES

Troisième Communication

PAR

Frédéric REVERDIN

(en collaboration avec **K. KACER**)

Nous avons montré dans des communications antérieures [1] que lorsqu'on nitre le p-iodanisol et le p-iodphénétol il y a migration de l'atome d'iode de la position 4 qu'il occupe dans ces dérivés à la position 2.

Il nous a paru intéressant d'examiner comment se comportent à ce point de vue d'autres dérivés iodés et nous avons commencé par étudier l'action de l'*acide nitrique sur l'o et sur le p-iodtoluène.*

On ne connaît qu'un seul dérivé mononitré de l'o-iodtoluène qui a été obtenu par Beilstein et Kuhlberg [2] en nitrant directement l'o-iodtoluène au moyen de l'acide nitrique fumant, la constitution de ce dérivé fusible à

[1] *Archives*, 4e période, 1896, t. I, p. 317, et t. II, p. 1.

[2] *Liebig's Annalen*, t. 158, p. 347.

103-104° n'avait pas été déterminée jusqu'ici. Quant aux dérivés mononitrés du p-iodtoluène les deux isomères théoriquement possibles sont connus mais il ont été préparés tous deux par décomposition, au moyen de l'acide iodhydrique, du dérivé diazoïque de la nitrotoluidine correspondante, l'un fusible à 60,5-61° a été décrit par Heynemann[1] et correspond à la formule de constitution

CH^3
NO^2
J

l'autre fusible à 55-56° décrit par Beilstein et Kuhlberg (loc. cit.) possède la constitution

CH^3
NO^2
J

Il s'agissait donc pour nous de préparer de nouveau le dérivé mononitré de l'o-iodtoluène et d'en déterminer la constitution, puis d'examiner le ou les produits qui prennent naissance par nitration du p-iodtoluène.

Nitration de l'o-iodtoluène.

En introduisant peu à peu quantité égale d'acide nitrique du poids spécifique de 1,51 à la température ordinaire dans de l'o-iodtoluène puis en abandonnant le mélange à lui-même jusqu'à ce que le liquide introduit dans l'eau se solidifie complètement par le refroidissement on obtient comme produit principal de la réaction le dérivé mononitré décrit par Beilstein et Kuhlberg. Ce com-

[1] *Liebig's Annalen,* t. 158, p. 347.

posé après avoir été purifié par cristallisation dans l'alcool puis dans la ligroïne se présente sous la forme d'aiguilles microscopiques blanches, fusibles à 103°. Dans la supposition que le groupe nitro occupait dans ce dérivé l'une des positions 4 ou 5 nous avons d'abord cherché à le reproduire en partant de la nitrotoluidine fusible à 107° préparée d'après la méthode de Nölting et Collin[1] possédant la constitution

CH^3

NH^2

NO^2

mais en décomposant le dérivé diazoïque de cette nitrotoluidine au moyen de l'iodure de potassium nous avons obtenu au lieu du dérivé iodonitré fusible à 103° un nouveau dérivé fusible à 51° qui constitue le *p-nitro-o-iodtoluène* et qui cristallisé dans l'alcool puis dans la ligroïne se présente sous la forme de grosses tables légèrement jaunâtres, plus facilement solubles dans ces véhicules que le dérivé fusible à 103°.

L'analyse a donné les résultats suivants :

	Calculé pour $C^7H^6NO^2J$	Trouvé
N =	5.32 %	5.39 %

En opérant de même avec la nitrotoluidine fusible à à 129°,5 préparée d'après la méthode de Beilstein et Kuhlberg[2] et possédant la constitution

CH^3

NH^2

NO^2

Berichte, t. 17 (1884), p. 265.

[2] *Liebig's Ann.*, t. 158, p. 345.

nous avons obtenu le *m-nitro-o-iodtoluène* lequel fond à 103° et possède les mêmes caractères que le composé obtenu par nitration directe de l'o-iodtoluène, d'où il résulte que le produit principal de la réaction de l'acide nitrique sur l'o-iodtoluène est constitué par le dérivé

CH^3 (J en ortho, NO^2 en méta) — formule développée

pt de fusion 103°.

Nitration du p-iodtoluène.

La nitration du p-iodtoluène a été effectuée en introduisant ce dérivé réduit en poudre fine dans son poids d'acide nitrique du poids spécifique de 1,51 et laissant digérer pendant quelques heures à la température ordinaire. Le produit de la réaction après avoir été coulé dans l'eau glacée, a été lavé avec une solution de carbonate de soude, puis lavé à l'eau et distillé avec la vapeur d'eau. Il passe d'abord à la distillation un produit qui se solidifie rapidement et se dépose en cristaux blancs mélangés avec une huile rouge-brune; les cristaux en question sont constitués par du *p-nitrotoluène ;* il distille ensuite comme produit principal une huile jaune qui passe très lentement à la distillation et qui se concrète par un refroidissement énergique en une masse cristalline jaune. Ce composé cristallise après purification dans la ligroïne en aiguilles légèrement jaunes, fusibles à 60°,5 et correspond au *p-iod-o-nitrotoluène* décrit par Heynemann.

Nous avons en outre retiré du résidu de la distillation à la vapeur d'eau une petite quantité d'une substance

renfermant de l'iode et de l'azote et cristallisant dans la ligroïne en petits prismes jaune-citron, fusibles à 112°.

Cette substance a donné à l'analyse la quantité d'azote que renfermerait un *dijodnitrotoluène* dont la formation n'a rien de surprenant puisque d'autre part on retrouve dans le produit de la réaction du p-nitrotoluène.

	Calculé pour $C^6H^2CH^3J^2NO^2$	Trouvé
N =	3.60 %	3.67 %

Il se forme encore dans l'action de l'acide nitrique sur le p-iodtoluène des produits huileux sur la nature desquels nous ne sommes pas fixés, mais le produit principal de la réaction est le p-iod-o-nitrotoluène.

Quant aux produits secondaires nous n'avons pas pu, à cause de la petite quantité que nous en avons obtenue, déterminer s'ils renfermaient un dérivé de l'-o-iodtoluène, qui aurait dû se former s'il y avait eu une migration de l'atome d'iode analogue à celle qu'on observe dans la nitration du p-iodanisol et du p-iodphénétol.

Malgré ces résultats négatifs nous avons tenu à examiner comment se comportaient à la nitration des dérivés iodés appartenant à d'autres catégories de composés. Les recherches faites dans cette direction avec l'*o-iodaniline* la *p-iodaniline* et le *p-iodphénol* nous ont montré que l'acide nitrique réagissait vivement sur ces substances avec élimination immédiate d'iode; avec la *p-iodacétanilide* nous ne sommes pas parvenus, nous ignorons pour quelle cause, à obtenir le dérivé nitré, fusible à 122° décrit par Michäel et Norton[1].

Nous avons enfin compris dans nos recherches les

[1] *Berichte*, t. 11 (1878), 109.

éthers méthyliques des acides o et p-iodbenzoïques ; ces éthers nous ont fourni par nitration des *dérivés mononitrés* qui n'ont pas encore été décrits.

L'*éther méthylique de l'acide o-iodnitrobenzoïque*

$$C^6H^3 \begin{cases} COOCH^3 & (1) \\ J & (2) \\ NO^2 & \end{cases}$$

a été obtenu en chauffant peu de temps à feu nu une partie d'éther avec une partie d'acide nitrique du poids spécifique de 1,51, jusqu'à cessation du dégagement de vapeurs nitreuses. Le produit de la réaction coulé dans l'eau glacée renferme en même temps que le dérivé mononitré une certaine quantité d'acide o-iodbenzoïque qu'on élimine par un lavage au carbonate de soude. La partie insoluble dans le carbonate après avoir été lavée à l'eau a été cristallisée plusieurs fois dans l'alcool méthylique d'où le dérivé mononitré se sépare par le refroidissement sous la forme de longues aiguilles, jaune pâle, fusibles à 123°, solubles dans la plupart des dissolvants organiques. Il cristallise dans un mélange de benzène et de ligroïne en prismes jaune pâle et il a fourni à l'analyse le résultat suivant :

	Calculé pour $C^6H^3.COOCH^3.J.NO^2$	Trouvé
N =	4.56 %	4.61 %

L'*éther méthylique de l'acide p-iodnitrobenzoïque*

$$C^6H^3 \begin{cases} COOCH^3 & (1) \\ J & (4) \\ NO^2 & \end{cases}$$

a été obtenu en ajoutant à la température ordinaire à une partie de l'éther deux parties d'acide nitrique du poids

spécifique de 1,51 puis en coulant au bout de quelques temps sur de la glace. Le produit de la nitration traité comme le précédent a fourni un *dérivé mononitré* cristallisant dans l'alcool méthylique ou dans un mélange de benzène et de ligroïne en feuillets rhombiques, jaunes, fusibles à 103°,5

	Calculé pour $C^6H^3.COOCH^3.J.NO^2$	Trouve
N =	4.56 %	4.65 %

Les différences dans les formes cristallines et dans les points de fusion des deux dérivés mononitrés que nous venons de décrire montrent évidemment que dans la formation du dérivé nitré de l'éther de l'acide p-iodbenzoïque il n'y a pas eu migration de l'atome d'iode comme nous l'avions constaté précédemment dans la nitration du p-iodanisol ; ce curieux cas, ainsi que celui du p-iodphénétol qui lui est absolument analogue, reste donc isolé comme le montrent les recherches que nous avons faites jusqu'à présent, recherches que nous avons l'intention de continuer.

Genève, décembre 1897.

SUR UN PYROMÈTRE PORTATIF

BASÉ SUR

L'EMPLOI D'UN MILLIVOLTMÈTRE WESTON

ET D'UN

COUPLE THERMOÉLECTRIQUE PLATINE-PLATINE RHODIÉ 10 °/₀

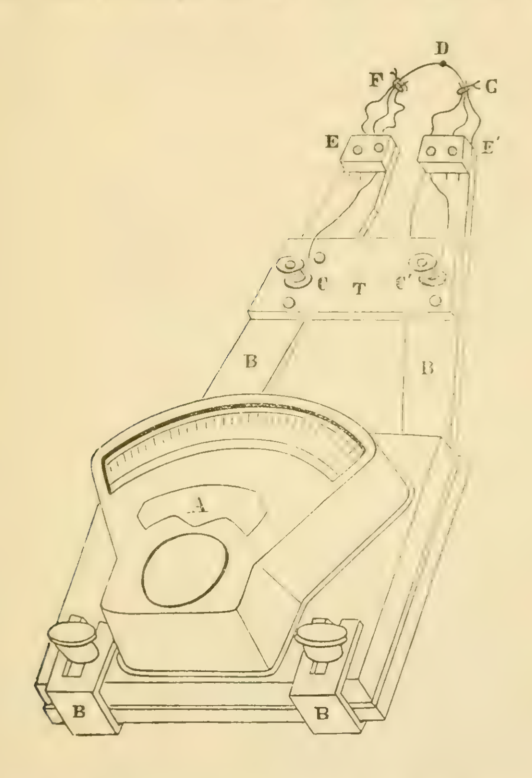
PAR

H. SCHOENTJES
Professeur à l'Université de Gand.

L'instrument que j'ai réalisé ne permet pas, comme l'excellent pyromètre de M. Lechatelier, la mesure des températures des fours industriels ; c'est un instrument de laboratoire, *son usage est limité à la mesure de hautes températures jusqu'à 1775° mais confinées dans un petit espace.* La figure qui accompagne cette note représente l'instrument en perspective, au quart de la grandeur d'exécution environ.

Le millivoltmètre Weston dont je me suis servi, appartient à l'Ecole Industrielle de Gand ; il porte en A la marque : « European electrical instrument C° » Newark. N.J.U.S.A. Berlin. N° 5733. Sa résistance à 16° est 0,7811 ohm légal. Il indique un voltage maximum de 0,02 volt aux bornes. L'échelle est divisée en 100 parties égales de 1,4 mm. environ, correspondant cha-

cune à 0,0002 volt, car on sait que, pour ces appareils Weston, les déviations de l'aiguille sont proportionnelles aux voltages; l'instrument est apériodique, et on lit nettement les dixièmes de division. Deux barres plates BB en cuivre rouge de 81 mm. carrés de section



(27 mm. × 3 mm.) sont reliées par des écrous aux bornes du voltmètre; ces barres sont recourbées deux ois à angle droit, et passent sous le voltmètre le long de la base; elles sont convergentes et portent à leurs extrémités les éléments du couple thermoélectrique. Elles sont rendues solidaires par une traverse T en ébonite portant

deux bobines C et C′ sur lesquelles sont enroulés les fils de platine et de platine rhodié formant provision, dans le cas où le couple doit être renouvelé.

Lorsque les barres sont attachées aux bornes, elles forment avec le voltmètre un appareil unique, rigide, au bout duquel est attaché le couple, et que l'on peut manier en ne se servant, au besoin, que d'une main. La plus grande longueur est 33 centimètres, couple non compris, et la plus grande largeur, 17 centimètres.

Les fils du couple ont 0,5 mm. de diamètre; ils sont serrés à vis entre les barres et deux pièces de cuivre EE′ aux extrémités des barres; la longueur libre est de 7 centimètres; ils sont tordus ensemble au bout. La petite torsade qui prend environ 2 mm. de chaque fil forme le couple thermoélectrique D; les parties des fils restées libres sont enroulées sur les bobines CC′.

La pince E qui fixe le fil de platine du couple serre en même temps deux autres fils de platine faisant saillie de 6 centimètres, et dont les extrémités sont tordues en F autour du fil du couple, ou fixées contre lui au moyen d'un mince fil de platine enroulé autour de l'ensemble.

La même disposition est réalisée à l'extrémité E′; deux fils de platine rhodié faisant saillie de 6 centimètres sont reliés en G, par leur extrémité libre, au fil de platine rhodié du couple thermoélectrique.

Dans ces conditions, si l'on fait fondre, à l'aide du chalumeau à gaz d'éclairage et à oxygène, la platine de la torsade, c'est-à-dire, si on porte celle-ci à 1775°, la déviation de l'aiguille est de 92,5 divisions; elle atteint donc à peu près la limite de l'échelle.

Des mesures directes m'ont donné les résultats suivants :

Résistance du fil de platine, par mètre, à 16°, 0ω,649.

Résistance du fil de platine rhodié, par mètre, à 16°, 1ω,462.

Coefficient moyen de température du platine entre 15° et 100°, 0,0033.

Coefficient moyen de température du platine rhodié entre 15° et 100°, 0,00119.

On a donc :

	ω
Résistance du voltmètre	0,78110
Résistance des barres	0,00017
Résistance de 8 mm. de platine	0,00519
Résistance de 8 mm. de platine rhodié	0,01169
Résistance de 3 fils de platine de 6 centimètres reliés en dérivation	0,01298
Résistance de 3 fils de platine rhodié de 6 centimètres reliés en dérivation	0,02924
Résistance totale	0,84037

La résistance totale de la partie platine et platine rhodié n'est que de 7 °/₀ de la résistance totale de l'instrument.

La présence des deux fils auxiliaires de platine et de platine rhodié augmente la surface rayonnante; les fils sont reliés à des pièces conductrices, de grande masse; la résistance des fils est faible, 7 °/₀ de la résistance totale; l'apériodicité permet d'opérer très rapidement. Ces circonstances ont pour effet de rendre négligeables : 1° les différences de résistance des fils dues à des différences d'échauffement qui peuvent se produire lors des diverses évaluations d'une même température, 2° l'influence des variations de la f. é. m. du couple thermoélec-

trique contraire formé en EE′ entre les fils et les barres.

L'expérience prouve, comme je le montrerai plus loin, que ces causes d'erreur sont en réalité négligeables, si bien entendu, on se borne à soumettre à la température à évaluer, ou à une température voisine, la partie des fils qui est près de la torsade.

Pour l'étalonnage de l'instrument, je me suis servi du point de dissociation du chlorure d'ammonium (340°); du point de fusion du chlorure de sodium (815°, V. Meyer); du point de fusion du sulfate de potassium (1078°, V. Meyer); du point de fusion du platine (1775°, Violle).

Voici les résultats obtenus, et exprimés en divisions de l'échelle; j'indique aussi la f. é. m. du couple, en tenant compte de la différence des potentiels aux bornes corrigée de la résistance du circuit extérieur au voltmètre.

Températures.	Déviations.	F. é. m. en millivolts.
340	13,5	2,916
815	38,8	8,381
1078	52,4	11,313
1775	92,5	19,980

J'ai fait un diagramme sur papier millimétrique, en portant les déviations en abscisses, et les températures en ordonnées, aux échelles de 5 mm. par division, et de 1 mm. par 5 degrés.

Si, l'on joint par une droite, les points (340) et (1078), le point (815) se trouve sensiblement sur cette droite, à 1 mm. au-dessous, ce qui correspond à 5°. Si, d'autre part, on trace la droite (1078) (1775), celle-ci s'écarte très peu de la première; elle passe à 6 mm. en-

viron au-dessous du point (340), ce qui correspond à 30°. Je considère donc le diagramme des températures comme étant composé des deux droites (340) — (1078) et (1078) — (1775). Il est facile dès lors de déduire du diagramme les températures correspondant aux déviations observées.

Pour me rendre compte de l'influence des causes d'erreur signalées plus haut, j'ai déterminé un grand nombre de fois les points 340, 815, 1078, 1775, tantôt, en laissant les fils nus, tantôt en les entourant, sur une longueur de 3 à 4 centimètres à partir de EE', de coton imbibé d'eau à la température du laboratoire. J'ai toujours observé les mêmes déviations 13,5 — 38,8 — 52,4 — 92,5.

S'il était possible de construire un voltmètre Weston conservant la même sensibilité, mais avec une résistance plus grande, on pourrait allonger les fils du couple et étendre le rôle de l'instrument. Dans son état actuel, le maniement est d'une facilité surprenante; c'est ainsi, par exemple, que dans l'espace de deux minutes, j'ai pu, sans aucune aide, mesurer la température en six points d'un bec de Bunsen, et faire les annotations.

Un léger perfectionnement qui me vient à l'esprit en terminant la rédaction de cette note, consiste à établir à chacune des extrémités des barres, *deux* pièces de serrage; l'une pour serrer le fil du couple, l'autre, pour serrer les fils auxiliaires; ceux-ci seraient ainsi fixés à demeure, même quand le couple doit être renouvelé.

Gand, le 4 janvier 1898.

INFLUENCE DU MAGNÉTISME

SUR LA

POLARISATION DES DIÉLECTRIQUES

ET L'INDICE DE RÉFRACTION

PAR

Edm. VAN AUBEL

M. le prof. K.-R. Koch vient de publier dans les *Annalen der Physik*[1] un très intéressant travail qui a pour objet l'étude de l'influence du magnétisme sur la polarisation et l'indice de réfraction des diélectriques. Cette question a évidemment une grande importance au point de vue de l'établissement de la théorie électro-magnétique de la lumière.

Qu'il me soit permis de rappeler ici quelques travaux qui ont été publiés antérieurement sur le même sujet et qui paraissent avoir échappé au savant physicien allemand.

Hall[2], dont M. K.-R. Koch cite les recherches, n'a pu constater aucune influence du magnétisme sur la polari-

[1] *Wiedemann's Annalen der Physik*, tome 63, p. 132; 1897.

[2] *Sillimann's American Journal of Science*, 3me série, tome 20, p. 161; 1880.

sation diélectrique du verre. Dans un travail publié en 1885 [1], j'ai examiné diverses substances : la paraffine, la gutta-percha, la gomme-laque, le verre et enfin le soufre, dont le pouvoir magnétique spécifique est bien supérieur à celui du verre. J'ai fait remarquer alors que l'excitation de l'électro-aimant par des courants intenses donnait lieu à des phénomènes d'influence électrostatique qui troublaient les mesures et j'ai refait, l'année suivante [2], les expériences au moyen d'un électro-aimant construit spécialement pour cet usage, dans lequel les cylindres de fer pouvaient être remplacés aisément par des cylindres de laiton. Dans aucun cas, une action du magnétisme n'a pu être remarquée.

Dans cette dernière note, les résultats opposés obtenus par M. A.-S. Kimball [3] sont attribués à la source d'erreur qui se produit quand un courant électrique intense traverse l'électro-aimant.

M. A. Palaz [4] a trouvé, par une méthode toute différente de la mienne et à peu près en même temps que moi, que la capacité inductive spécifique de la paraffine, l'ébonite, la colophane et le soufre ne varie pas de 0,0007 lorsqu'on soumet ces substances à l'influence d'une force magnétique très intense.

Enfin M. P. Drude [5] n'a pu constater également aucun

[1] *Bulletins de l'Académie des sciences de Belgique*, 3me série, tome 10, p. 609 ; 1885.

[2] *Bulletins de l'Académie des sciences de Belgique*, 3me série, tome 12, p. 280 ; 1886.

[3] *Proceedings of the American Academy of arts and sciences*, nouvelle série, vol. 13, 1re partie, p. 193 ; mai à octobre 1885.

[4] *Archives des sciences phys. et nat.*, Genève, 3me période, tome 17, p. 422 et 427 ; 1887.

[5] *Wiedemann's Annalen der Physik*, tome 52, p. 498; 1894.

changement de la constante diélectrique du sulfure de carbone dans le champ magnétique.

La relation bien connue entre l'indice de réfraction et la constante diélectrique peut être utilisée pour étudier la même question. Cette méthode ne comporte plus l'inconvénient que j'ai rappelé et l'emploi du réfractomètre interférentiel permet d'obtenir une précision bien plus grande. Néanmoins *les expériences de M. Koch,* entreprises avec le plus grand soin et dans différentes conditions, *ont confirmé les résultats de MM. Hall, Palaz, Drude et les miens.*

On peut se demander encore si l'indice de réfraction des métaux ne varie pas sous l'action du magnétisme. En effet, d'après les recherches de Kundt [1], il existerait un parallélisme entre l'indice de réfraction et la conductibilité électrique des métaux et l'on sait, d'autre part, que la résistivité du fer, du nickel, du cobalt, du tellure, de l'antimoine et surtout du bismuth varie sous l'influence du magnétisme. D. Shea [2] n'a pu observer aucune action du magnétisme sur des prismes de fer, nickel et cobalt, mais comme cette influence est sans doute faible, une réponse à cette question ne peut être donnée qu'après un examen du bismuth, dont l'étude ne présente d'ailleurs aucune difficulté spéciale.

Bruxelles, le 5 février 1898.

[1] *Wiedemann's Annalen der Physik*, tome 34, p. 469 ; 1888.
[2] *Wiedemann's Annalen der Physik*, tome 47, p. 184 ; 1892.

LE
MINERAI DE FER D'AIN-OUDRER
(ALGÉRIE)

PAR

L. DUPARC et Etienne RITTER.

Les mines de fer d'Ain-Oudrer sont situées dans l'Est du département d'Alger, dans une vallée orientée à peu près nord-sud et que suit la ligne du chemin de fer d'Alger à Constantine, entre les gares de Souk-el-Haad et de Beni Amrane. Sur le conseil de M. Pouyanne, inspecteur général des mines et directeur de la carte géologique de l'Algérie, nous en avons entrepris l'étude que nous présentons ici.

La vallée qu'emprunte en ce point la voie ferrée est une vallée morte et qui devait déjà être indiquée à l'époque miocène. C'est un ancien lit de l'Isser abandonné par cette rivière, qui coule aujourd'hui dans des gorges profondes situées environ deux kilomètres plus à l'est. Comme l'indique la carte géologique[1], le fond de la vallée

[1] Feuille Palestro au $^{1}/_{50000}$ par E. Ficheur. Voir aussi : E. Ficheur, Comptes rendus de l'excursion de Ménerville à Palestro : *Bull. soc. géol. de France*. 3me série, t. XXIV, page 1085 : « Le tunnel suivant (après Souk-el-Haad) coupe les schistes précambriens, auxquels s'adossent les marnes sahéliennes qui occupent la dépression de Beni-Amram. Au flanc de la montagne on distingue les roches de minerai de fer magnétique distribuées en couches interstratifiées dans les schistes et quartzites précambriens (Ain-Oudrer). » E. Ficheur. Description géologique de la Kabylie du Djurjura, p. 57 et suiv.

est occupé par les marnes du miocène supérieur (marnes sahéliennes) et par les alluvions quaternaires, tandis que sur les deux versants, on rencontre des schistes mal cristallisés d'un type très métamorphique ; ceux-ci sont recouverts de prairies et de broussailles et c'est au milieu d'eux que l'on trouve les trois bancs de minerai de Gîte Vinay, d'Ain-Oudrer et du Caroubier, sur le versant occidental de la vallée.

De ces trois bancs exploités, celui d'Ain-Oudrer est le plus intéressant ; c'est d'ailleurs celui pour lequel les tranchées sont le plus étendues, ce qui permet mieux que pour les deux autres l'étude des rapports entre le minerai de fer et la roche encaissante ; d'ailleurs les mêmes caractères de relations réciproques se retrouvent aux bancs du Gîte Vinay et à celui du Caroubier, mais avec une netteté moins grande.

Les trois bancs forment des chapelets de lentilles réunies ensemble et interstratifiées dans des couches qui ont subi des plissements relativement faibles.

Les couches qui forment une voûte peu marquée ont, au point où elles sont exploitées, une inclinaison d'environ 15 à 20° nord-est. Ces couches de minerai forment plus ou moins une ligne de niveau située un peu au-dessous du sommet de la colline, qu'elles contournent en affleurements pour aller s'étendre jusqu'à Bordj-el-Hadi dans le vallon secondaire de l'Oued Zerzour.

Dans l'étude sur le terrain, il semble que le passage du schiste au minerai soit très franc et toujours accompagné de bancs de quartzite. Mais nous verrons que l'étude microscopique, elle, permet au contraire de retrouver tous les termes de passage entre la roche encaissante et le minerai par l'exagération de certains caractères particuliers.

On peut compter quatre bancs plus spécialement riches en minerai. Les deux supérieurs, qui forment la mine dite du Caroubier, sont épais de deux à trois mètres et semblent se séparer assez brusquement du type de la roche encaissante, tandis que les deux bancs qui constituent la mine d'Aïn-Oudrer sont à la fois plus puissants et présentent à leur mur comme à leur toit des facies de passage plus nombreux avec les schistes cristallins encaissants.

L'étude des bancs de minerai, plus loin, dans le vallon de Bordj-el-Hadi, montre que celui-ci se continue en suivant à peu près une ligne de niveau; mais la végétation qui recouvre les versants abrupts de cette petite vallée y rend l'étude des contacts et la recherche théorique de l'origine du minerai beaucoup moins nette et moins intéressante.

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

Pour rechercher quelle était l'origine du minerai, nous en avons étudié sous le microscope de nombreux échantillons, ainsi qu'une série très complète des schistes cristallins encaissants. C'est par la description de ces derniers que nous allons commencer.

Description des schistes cristallins encaissants [1].

Ces schistes cristallins sont d'un facies détritique, plus ou moins complètement recristallisé, et présentent un

[1] M. Ficheur, dans la Kabylie du Djurjura, page 57, dit : « Cette série de phyllades, schistes et quartzites est absolument

aspect macroscopique tout aussi bien que des caractères microscopiques qui permettent de les rapprocher tout à fait des schistes de Casanna[1]. Ils forment également un niveau supérieur aux schistes franchement micacés et aux gneiss de la Kabylie et il est intéressant de retrouver ici en Algérie un niveau supérieur de schistes cristallins, présentant ce même degré très spécial de métamorphisme, caractérisé par la présence de minéraux tels que le chloritoïde et le quartz recristallisé, sans que nous voulions affirmer toutefois que la notion de même facies entraîne celle de même âge.

Al. 377[2]. — Schiste pris au milieu de la montée du plan incliné qui conduit à la mine.

A l'œil nu c'est un schiste gris talcqueux, très clair sur le lit, fortement rouillé sur la tranche.

Au microscope, la roche, à structure extrêmement parallèle, est formée par quelques grains de magnétite, un peu d'hématite et tout particulièrement par du quartz flou associé à du mica blanc. Dans toute la roche on trouve une multitude exceptionnelle de très fines aiguilles de rutile, allongées, parfois ployées, de couleur brunâtre, souvent maclées selon la macle en genou, rarement

distincte des schistes cristallins et présente une structure détritique qui l'éloigne des formations primitives. »

L'on verra que nos propres études confirment pleinement les belles recherches du savant professeur d'Alger.

[1] L. Duparc et Etienne Ritter. Les schistes de Casanna. *Arch. des Sc. phys. et nat.* Genève, 4me pér. t. II, juillet 1896. MM. Duparc et Mrazec ont également signalé un niveau des mêmes schistes dans les Carpathes. « Sur un schiste à Chloritoïde des Carpathes. » *Acad. des sc. Comptes rendus* du 13 mars 1893.

[2] Collection micrographique du laboratoire de géologie et minéralogie de l'Université de Genève.

selon celle en cœur et dans de plus gros individus seulement.

Ces aiguilles sont alignées parallèlement à la schistosité et leurs dimensions n'excèdent pas 0,115 mm. Elles ne forment pas de fagots, mais se groupent d'habitude par trois ou quatre individus parallèles. On trouve également en sections beaucoup plus rares et de plus fortes dimensions, de la tourmaline dont les caractères optiques sont un allongement négatif, un polychroïsme marqué avec *np* incolore et *ng* brun verdâtre. Ces sections sont rares et mesurent 0,092 mm. ; la biréfringence est normale, le signe optique négatif : plusieurs sections ont des formes hexagonales mal marquées.

La coupe montre également quelques rares et petits zircons. La séparation d'hématite paraît provenir d'un minéral préexistant dont on ne peut déterminer la nature. Parfois les grains de magnétite sont entourés d'une auréole ocreuse.

Al. 383. — Schiste pris au haut du plan incliné qui conduit à la mine.

Schiste talcqueux, de couleur gris-perle, mais plus fortement chargé de parties rouillées que le précédent.

Au microscope, cette roche d'aspect encore très détritique, à schistosité parfaitement parallèle, est formée par de la magnétite, ou mieux par des produits ferrugineux opaques et ocreux, qui, développés en très grande abondance, forment des amas allongés ou des grains. Tandis que le centre est opaque, les bords passent au brun et deviennent translucides et transparents. Souvent ces amas s'alignent dans des traînées qui sont encore biréfringentes et qui paraissent être un mica en voie d'altération et partiellement chloritisé. Ces produits opaques et

ces traînées sont disséminés dans une masse qui se résoud, aux forts grossissements, en un amas de paillettes séricitiques, jointes à du quartz à contours flous, peu abondant, et à beaucoup de matière opaque en petits amas légèrement biréfringents sur les bords.

Cette masse séricitique est criblée d'une infinité de ponctuations extrêmement fines d'un élément noir, opaque, qui paraît être une véritable poussière ferrugineuse titanifère. On trouve dans celle-ci une multitude de tout petits rutiles avec macles en genou.

En résumé, cette roche est un schiste métamorphique séricitique et ferrifère.

Al. 382. — Schiste pris au haut du plan incliné qui conduit à la mine.

A l'œil nu, c'est un schiste épais et à grain très fin de couleur gris bleu, sans élément discernable.

Au microscope, la roche est entièrement séricitique; elle est formée de très fines et petites paillettes de séricite enchevêtrées dans tous les sens et associées à de tout petits grains de quartz à contours flous et d'aspect nettement détritique qui forment avec la séricite un mélange intime dont la structure est parallèle. Quelques grains de quartz atteignent de plus grandes dimensions. Cette masse séricitique et quartzeuse est imprégnée, comme dans la coupe précédente, de la même poussière noire, très fine, où l'on peut reconnaître une multitude de petits grains opaques, de courtes aiguilles maclées de rutile et de petits grains rouges et transparents d'hématite.

On trouve dans la roche plusieurs veines et des filonnets remplis de quartz grenu, probablement d'origine secondaire, mais qui simulent les formes du quartz granulitique.

Al. 400. — Schiste pris à la base du banc inférieur d'Ain-Oudrer.

A l'œil nu, il est miroitant, d'aspect plus cristallin que les échantillons précédents et paraît piqué d'une foule de courtes aiguilles de couleur vert foncé ; les traînées de rouille abondent et sont larges.

Sous le microscope, la roche est un micaschiste formé par une association où, suivant les zones, c'est tantôt le mica blanc et tantôt le quartz qui prédomine. Le mica blanc, absolument incolore est en grandes lamelles qui s'éteignent parallèlement à la trace du clivage *p* ou à quelques degrés seulement de ce dernier. On y trouve en inclusions des sections hexagonales, rouges, d'hématite.

Dans les parties de la coupe où le mica prédomine, ces lamelles sont accolées les unes aux autres, tandis qu'elles sont espacées et isolées là où le quartz est prépondérant, mais en restant toujours parallèles. Le quartz très abondant est en grains assez gros à contours irréguliers : en lumière convergente, il présente un axe positif non disloqué. La magnétite qu'on rencontre en grande abondance forme des chapelets dont les individus composants à forme allongée et irrégulière suivent la schistosité de la roche; d'autres individus sont arrondis ou même présentent parfois des formes géométriques. Cette magnétite est souvent entourée d'une bordure ocreuse; ces ocres brunes montrent que la magnétite est un produit formé par la réunion et l'individualisation des éléments ferrugineux au détriment des autres éléments chimiques.

Les produits ocreux affectent principalement les bandes où le mica blanc est bien développé et forment alors des sortes de traînées dans la roche; ils passent parfois à

l'hématite qui est un stade plus avancé dans la séparation des éléments; les produits ocreux eux-mêmes semblent un élément qui se serait isolé d'une manière capricieuse au milieu du mica, tout en prenant les formes de ce minéral dont ils dessinent nettement les contours en lumière naturelle.

Accompagnant les produits ferrugineux et comme eux localisés dans les zones micacées, on rencontre de nombreuses aiguilles de tourmaline, à sections rectangulaires, dont le polychroïsme intense se fait dans les tons: *np* jaunâtre très pâle, *ng* gris bleuâtre très foncé, presque noir; elles mesurent au maximum 0,1846 mm. et renferment parfois des inclusions très petites de minéraux opaques. Certaines sections de cette tourmaline moulent des lamelles de mica et sont elles-mêmes moulées par de la magnétite.

De petites aiguilles de rutile, à la fois courtes et rarement maclées, sont localisées dans les zones micacées et accompagnent souvent la tourmaline; elles sont rares dans les régions quartzeuses. Le rutile se présente aussi sous forme de quelques grains plus gros.

Al. 398. — Schiste pris à la base du banc inférieur d'Ain-Oudrer.

A l'œil nu, c'est un schiste franchement cristallin, où le quartz s'individualise en nodules, tandis que le talc se charge de traînées d'un minéral noir.

Au microscope, cette roche est formée en majeure partie par du mica blanc dont les lamelles pressées les unes contre les autres décrivent des sinuosités et paraissent former une véritable masse fondamentale. Le mica est à deux axes extrêmement rapprochés et de signe optique négatif. La biréfringence est faible pour cet élé-

ment. C'est probablement un mica du groupe de la séricite.

Au milieu de celle-ci l'on rencontre des traînées jaune verdâtre qui paraissent provenir d'un minéral micacé et dans lesquelles il y a séparation très abondante de magnétite, d'hématite et de produits ocreux. Cette séparation souligne et dessine les divers contournements des lamelles de mica dans la coupe.

On trouve aussi quelques petits prismes de tourmaline, avec inclusions de rutile, d'un polychroïsme excessif, qui sont disséminées parmi les produits ferrugineux en même temps que des grains et des cristaux d'un rutile brunâtre souillé de matières opaques et dont les dimensions ne dépassent pas 0,115 mm. On remarque en outre des grains d'hématite et d'autres de sphène de couleur grisâtre et qui sont tout à fait localisés sur certains points.

Une poussière opaque, disséminée partout, comme dans les échantillons précédents, se résoud aux forts grossissements en une multitude de fines aiguilles transparentes de rutile, dont quelques-unes sont terminées. Elles suivent toujours la schistosité générale, qu'elles soient éparses ou groupées en fagots ; elles présentent souvent la macle en genou, rarement celle en cœur.

Al. 399. — Schiste pris au bord inférieur, c'est-à-dire au mur du banc de fer supérieur.

A l'œil nu, il paraît semblable au précédent. Au microscope il est d'un type très différent ; la roche est bien cristallisée et le quartz y est largement développé.

Les minéraux qu'on y rencontre sont : de la magnétite, en grains opaques à contours cubiques ou octaédriques, disséminée partout sans être toutefois abondante, de

l'hématite rouge et transparente en grains irréguliers et de la muscovite, plus rare, formant quelques jolies et petites paillettes. Quelques rares sections de tourmaline brune sont enveloppées généralement d'une auréole plus foncée ; du leucoxène se trouve disséminé partout.

Ce schiste contient en outre de grands cristaux de chloritoïde, qui sont plus ou moins corrodés et brisés, de telle sorte qu'ils apparaissent réduits à l'état fragmentaire ; parfois ils sont groupés en faisceaux et tendent même à former des rosettes. Les individus sont lamellaires et maclés selon la face *p* ; leur bissectrice aiguë est positive ; le signe d'allongement est négatif et l'extinction maxima observée par rapport à cet allongement atteint 20° environ ; la dispersion est extrêmement forte et le polychroïsme donne *ng* vert jaunâtre, *nm* bleu verdâtre et *np* jaune pâle.

Le relief est élevé et la biréfringence normale. Ce minéral est criblé d'inclusions noires et opaques comme de petites aiguilles de rutile.

Quelques grands cristaux de rutile sont épars dans la roche dont la masse principale est formée par des grains de quartz à contours irréguliers entre lesquels sont disséminés les divers éléments que nous avons décrits précédemment. La schistosité de la roche est indiquée par des traînées de leucoxène et la disposition des lamelles de mica.

Al. 429. — Schiste pris à la base du banc supérieur de minerai de la mine d'Ain-Oudrer.

A l'œil nu, il ne diffère pas des deux échantillons précédents.

Au microscope, il est très analogue comme structure à celui que nous venons de décrire, avec le chloritoïde en moins.

Le quartz à petits grains dont les contours polyédriques sont soulignés par une couronne foncée est l'élément prédominant. La muscovite est abondante, sous forme de belles lamelles incolores, disséminées pêle-mêle parmi le quartz ou, au contraire, groupées en traînées sinueuses, que des produits ocreux dessinent en lumière naturelle.

Ces produits ocreux passent latéralement à l'hématite. De nombreux grains de magnétite, à formes fréquemment géométriques, sont souvent entourés d'une zone brune d'hématite; cet élément se rencontre même parfois à l'intérieur du cristal de magnétite qui paraît ainsi s'être formé au centre d'une plage de grains d'hématite et à ses dépens. Parmi le quartz, on trouve quelques petites lamelles de chlorite; le rutile paraît manquer.

Al. 342. — Schiste pris sur le bord nord de la mine d'Ain-Oudrer.

C'est un type de schiste talcqueux, extrêmement feuilleté, de couleur brun rouge.

Au microscope, il est constitué par l'association de petits grains de quartz polyédriques, très abondants, avec de la muscovite qui forme des zones froissées dessinant la schistosité de la roche ou qui se montre en lamelles éparses dans les zones quartzeuses.

Des produits ocreux auxquels sont liés de petits grains d'hématite sont disséminés partout ou dessinent des couronnes autour des grains de quartz. On rencontre aussi quelques rares sections de tourmaline.

Al. 451. — Schiste quartzeux pris sur le bord sud de la mine d'Ain-Oudrer.

A l'œil nu, la roche rappelle un schiste à amphibole quand on la regarde dans le sens de la schistosité, tandis

que sur la tranche elle paraît identique à un quartzite cristallin.

Au microscope, ce type très analogue aux précédents est moins riche en produits ocreux, il est pauvre en chloritoïde; ce minéral montre quelques grands cristaux joints à des paillettes de muscovite ; ces dernières sont disséminées partout. La magnétite, en cristaux bien formés, est abondante et le quartz constitue l'élément prédominant.

Al. 439. — Schiste pris au toit du filon métallifère supérieur d'Ain-Oudrer.

A l'œil nu c'est un schiste micacé, de couleur brunâtre se sectionnant en feuillets épais.

Au microscope, le fond de la roche est formé par une multitude de petits grains de quartz polyédriques, cerclés par des produits opaques ou rougeâtres qui les mettent en relief. Ces produits dessinent également dans la roche des traînées plus ou moins parallèles qui indiquent la schistosité de celle-ci.

On trouve également quelques octaèdres bien formés de magnétite, disséminés partout, un peu d'hématite et beaucoup de chloritoïde présentant les caractères que nous avons déjà décrits et montrant des fibrilles du même minéral à côté des grands cristaux. Le rutile paraît faire défaut.

Al. 426. — Echantillon pris à Bordj-Caid-el-Hadi dans la vallée de l'Oued Zerzour.

A l'œil nu, la roche paraît formée par des parties dont les couleurs diverses se fondent plus ou moins brusquement les unes dans les autres sur les bords et passent du jaune au brun et, par le vert, au rouge; sur la surface schisteuse, on observe un mouchetage de cristaux vert foncé ; sur la tranche, la roche ressemble à un quartzite très fin de couleur gris de fer.

Au microscope c'est un schiste à chloritoïde dont le fond est formé par des grains de quartz, sans contours nets, qui sont serrés les uns contre les autres ou séparés par des couronnes de matières ocreuses mêlées d'hématite. On trouve quelques rares et gros cristaux de magnétite, admirablement cristallisés. Les cristaux de chloritoïde sont presque toujours brisés. C'est un type détritique et recristallisé qui forme un terme de passage entre les schistes déjà décrits et des brèches que nous étudierons plus loin.

Description du minerai.

Les coupes faites à travers des échantillons du minerai montrent que celui-ci ne diffère des schistes cristallins encaissants que par la proportion plus forte des produits ferrugineux [1] et que par l'exagération des caractères qui dépendent du développement de ces éléments ; mais la formation, et du minerai d'une part et des schistes encaissants d'autre part, est due à une genèse commune, si bien que l'on peut trouver entre eux tous les termes de passage. On a eu très probablement formation de dépôts détritiques dont certains niveaux se sont chargés de produits ocreux, amenés par lévigation, puis cristallisation postérieure et plus ou moins complète de tout l'ensemble, avec séparation et individualisation de plus en plus nette des éléments ferrugineux, là où ils étaient le plus abondants.

[1] M. Ficheur, *loc. cit.*, indique que : « les amas de fer magnétique, distribués en couches et en lentilles, adoptent la structure de la roche encaissante, de telle sorte qu'une plaquette de quartzite se montre peu à peu chargée de grains de fer remplaçant les grains de quartz. »

Al. 283 et Al. 393. — Minerai du banc inférieur et du banc supérieur de la mine d'Ain-Oudrer.

A l'œil nu ces deux échantillons ont un aspect assez différent; tandis que le n° 289 de couleur brun-chocolat présente des bandes alternantes de minerai de fer et de zones plus quartzeuses, le n° 393 a un aspect plus schisteux, dont la masse verdâtre est piquée d'une foule de points noirs de magnétite répandus partout.

Au microscope le fond de la roche est toujours formé par du quartz, associé à des lamelles de mica blanc qui dessinent encore une schistosité plus ou moins nette et à de la chlorite verdâtre. Mais les traînées de matières ocreuses et d'hématite augmentent jusqu'à former de véritables canaux, tandis que toute la roche est imprégnée de cristaux bien formés de magnétite, de petites et de grandes dimensions et qui sont irrégulièrement distribués dans tous les sens. Cette magnétite peut adopter un tel développement de gros octaèdres, que la proportion du quartz diminue alors de plus en plus, tandis que se développe le minerai de fer.

Les échantillons bréchiformes.

A côté des schistes encaissants et du minerai de fer, l'on trouve quelques brèches, peu développées, dont les éléments sont des roches des deux types précédents en fragments de la grosseur d'une noisette ou de dimensions moindres. Ces fragments sont accompagnés de galets de roches éruptives et le ciment qui relie les débris bréchiformes est la même masse ferrugineuse qui, avec des proportions variables du fer et du quartz, forme la masse fondamentale du minerai de fer et des schistes encaissants.

Si cette brèche représentait un horizon plus jeune pincé entre les bancs des schistes et du minerai, sa présence n'aurait rien que de très simple. Mais, dans l'étude sur le terrain, il nous a bien semblé que ces brèches passaient latéralement soit au minerai, soit aux schistes cristallins, qu'elles ne se trouvaient là qu'en affleurements sporadiques et qu'elles devaient être contemporaines des roches voisines. En conséquence, il nous paraît naturel d'y voir un facies détritique, à plus gros éléments, dont le lieu d'origine qui ne devait pas être très éloigné, montrait au jour des roches analogues à celles que nous avons étudiées ; peut-être était-ce là qu'était la « motherlode » la mine mère, où la venue des roches éruptives se trouvait en liaison avec une venue originelle d'un minerai de fer qui a été transporté ensuite à l'état de produits ocreux et avec d'autres éléments détritiques sur l'emplacement d'Ain-Oudrer, où il a reformé le minerai dont nous avons entrepris l'étude. Peut-être aussi ces brèches de minerai se sont-elles presque formées sur place au détriment du premier banc de minerai qui se soit déposé. Mais quoiqu'il en puisse être de cette origine primitive et hypothétique le fait d'observation qui reste certain est la présence dans ces brèches de galets analogues aux échantillons des schistes et des minerais que nous avons déjà décrits et qui sont soudés par un ciment ferrugineux qui forme lui-même un minerai.

Al. 327. — Echantillon pris entre les deux bancs de minerai d'Ain-Oudrer.

A l'œil nu, l'on distingue des fragments de schistes aux bords plus ou moins émoussés et arrondis, parfois de la grosseur d'une noix; les fragments du minerai sont plus petits et plus anguleux. Une matière brune ferrugineuse

et ocreuse, mêlée à de petits grains de quartz, forme un ciment abondant.

Au microscope, c'est un conglomérat dont les cailloux roulés et les galets sont formés par les types décrits précédemment et qui présentent tous les stades dans les rapports réciproques de la magnétite, du quartz et du mica blanc.

Ces différents galets ainsi que des grains de quartz arrondis et roulés et des cristaux isolés de magnétite sont réunis par un ciment entièrement ferrugineux, de couleur rougeâtre.

Al. 400. — Echantillon pris sur le banc supérieur d'Ain-Oudrer, tandis qu'*Al. 420* a été recueilli à la base du banc du Caroubier.

A l'œil nu, ces deux roches présentent le même aspect que l'échantillon précédent, avec développement des galets quartzeux.

Au microscope, ce conglomérat est assez différent et polygénique ; il est formé en majeure partie par des débris de roches éruptives de types variés, associées à des individus minéralogiques qui proviennent des mêmes galets et réunies par un ciment de nature argileuse, amorphe, rougeâtre et imprégné de produits ocreux.

On distingue parmi les galets :

Un microgranulite dont le premier temps montre du quartz corrodé et de la biotite brune en grandes lamelles avec *ng* rouge brun et *np* jaune presque incolore. La seconde consolidation mal conservée est microgranulique et paraît riche en quartz.

Une roche microlitique dans un état de décomposition qui ne permet plus de détermination nette.

Des galets de porphyres globulaires et pétrosiliceux

dont la pâte est formée par des sphérolites à croix noire altérée.

Des roches à deux temps qui montrent au premier temps quelques fines lamelles de biotite et des cristaux de labrador, tandis que la pâte, excessivement fine et fortement altérée renferme des paillettes de biotite et un élément feldspathique indéterminable. Une roche dont la première consolidation montre du quartz rare, de l'orthose maclé selon la loi de Carlsbad, de la biotite et de l'oligoclase; les feldspaths y sont zonés; la pâte paraît essentiellement globulaire.

On trouve aussi des sections isolées d'orthose, de plagioclases, de quartz et des lamelles de biotite.

Résumé et Conclusions.

En résumé, le minerai de fer d'Ain-Oudrer est formé par l'abondance, le développement et l'individualisation de produits ferrugineux au milieu de schistes cristallins détritiques, que leur facies pétrographique rapproche si étrangement des schistes de Casanna du Valais, qu'il n'y aurait rien d'étonnant de trouver parmi ces derniers quelque horizon particulièrement riche en fer.

L'absence d'apatite[1] et des sulfures sont deux caractères à signaler dans ce minerai, qui paraît être, d'autre part, légèrement titanifère.

[1] Les analyses connues de ce minerai montrent que de nombreux échantillons contiennent jusqu'à 1 % de phosphore. Il est possible que ce corps soit disséminé à l'état amorphe au milieu des traînes de matières poreuses.

ANALYSE DE L'EAU DE LA SOURCE
« MARZIS »
à Plongeon près Genève

PAR

le Dr C. RUST

Cette source « Marzis » située à Plongeon, près de Genève, a été découverte au commencement du siècle; elle sort au milieu de dépôts glaciaires, le débit en est environ de 2 à 3 litres par minute et la température était de 9°,15 centigrade, tandis que la température ambiante était de 20°,5. L'eau est absolument claire et incolore et possède un poids spécifique de 1,000223.

La prise d'essai a été faite à 300 mètres environ du lieu où la source jaillit, le 29 avril 1897, et l'eau a été conservée dans des bouteilles de verre vert bouchées soigneusement avec des bouchons de caoutchouc.

En vue du dosage de l'acide carbonique, j'avais préparé plusieurs bouteilles contenant un mélange de chaux vive et de chlorure de calcium, dans lesquelles j'ai introduit 500 centimètres cubes d'eau. Le flacon a été ensuite bouché hermétiquement.

L'analyse a été conduite de la façon suivante :

I. *Dosage de l'oxygène et de l'azote.*

Celui-ci a été exécuté en opérant comme suit : d'abord j'ai chassé complètement les gaz contenus dans un litre

d'eau en chauffant cette dernière au bain-marie à une température de 85°. Puis du volume total de gaz dégagé l'acide carbonique a été en premier lieu absorbé par la potasse caustique, l'oxygène, ensuite, par l'acide pyrogallique et l'azote enfin a été dosé volumétriquement.

II. *Dosage de l'acide carbonique total.*

Les flacons préparés comme il a été indiqué plus haut ont été ouverts, puis le liquide qu'ils renfermaient a été filtré de suite. L'acide carbonique déplacé en décomposant les carbonates par l'acide chlorhydrique a été dosé en l'absorbant par la potasse caustique.

III. *Dosage des bases.*

Le résidu de 2 litres évaporés à sec a été traité par l'acide chlorhydrique pour en éliminer la silice. Dans le liquide filtré j'ai successivement séparé et dosé le fer, l'alumine, la chaux et la magnésie par les procédés analytiques ordinaires.

IV. *Dosage des alcalis*

Sur 2 litres évaporés en présence d'acide chlorhydrique, j'ai d'abord éliminé la chaux en la précipitant par l'oxalate d'ammoniaque, j'ai ensuite chassé la magnésie en calcinant à plusieurs reprises avec de l'oxalate d'ammoniaque, le résidu du liquide filtré évaporé à sec. Pour la séparation de la soude et de la potasse j'ai employé le chlorure de platine en excès et j'ai dosé non pas le chloroplatinate de potassium, mais le platine métallique obtenu par la décomposition de ce sel, ce qui est préférable.

V. *Dosage des acides.*

a) L'acide chlorhydrique a été dosé sur un demi-litre d'eau par le nitrate d'argent.

b) L'acide sulfurique a été dosé également dans un demi-litre par le chlorure de baryum.

c) L'acide phosphorique a été déterminé par le molybdate d'ammoniaque sur la solution obtenue par la concentration de 4 litres d'eau.

d) L'acide nitrique en traces a seulement été constaté qualitativement par la diphénylamine.

J'ai également observé des traces d'ammoniaque à l'aide du réactif de Nessler.

Résultats de l'analyse.

Température de l'eau 9°,15 C. Température de l'air 20°,5 C.
Poids spécifique = 1,000223.

Gaz	N	= 0,01327	gr.	dans	1000 cm.^{3}
»	O	= 0,00658	»	»	»
Anhydrides	CO_2 total	= 0,33685	»	»	»
»	SO_3	= 0,03376	»	»	»
»	P_2O_5	= 0,00019	»	»	»
»	N_2O_5	= Traces			
»	Cl	= 0,00939	»	»	»
Bases	K_2O	= 0,00583	»	»	»
»	Na_2O	= 0,00879	»	»	»
»	NH_3	= Traces			
»	MgO	= 0,02638	»	»	»
»	CaO	= 0,18310	»	»	»
»	Al_2O_3 / Fe_2O_3	= 0,00103	»	»	»
»	MnO	= Traces.			
	SiO_2	= 0,01308	»	»	»
Subst. organiques		= Traces.			
	Total	= 0,63825	»	»	»

L'eau de la source Marzis a donc les mêmes caractères chimiques que celle de la source Cachat d'Evian : elle est un peu plus minéralisée et plus riche en gaz carbonique. (0,337 gr. dans un litre au lieu de 0,290 que possède la seconde.)

Cette eau peut être employée comme une bonne eau de table, elle est d'un goût agréable et d'après l'analyse chimique elle pourrait être employée au point de vue médical dans les mêmes buts que l'eau de la source Cachat d'Evian.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

MATHÉMATIQUES

J. Andrade. — Leçons de mécanique physique (*Soc. d'Edit. Scient.* Paris 1898).

Il ne faut pas chercher dans les Leçons de M. Andrade — le titre lui-même nous en avertit — un nouvel exposé des matières qui forment depuis longtemps le champ classique de la Mécanique rationnelle. Si la littérature est aujourd'hui presque encombrée de manuels sur les éléments de la science des forces, elle est, au moins en France, relativement pauvre en ouvrages traitant des parties plus élevées intermédiaires entre la Mécanique proprement dite et la Physique. Le livre de M. Andrade écrit d'un style original où se reconnaissent parfois l'influence et les idées de M. Poincaré sera donc le bienvenu des étudiants et du public savant.

Cet ouvrage se compose de trois parties rattachées entre elles d'une manière assez artificielle. La première sous ce titre « les Fondateurs » est consacrée à un examen historique et critique des principes de la Mécanique. surtout au point de vue de leur dépendance des repères géométriques du mouvement et de l'horloge servant à la mesure du temps.

L'ingénieux inventeur d'une nouvelle démonstration expérimentale du mouvement terrestre s'est sans doute souvent demandé quel est, au juste, le sens de cette affirmation de Galilée : la terre se meut. Pour répondre à la question, il ne faut rien moins qu'un examen approfondi des principes de la Mécanique. L'idée d'un espace absolu, par rapport auquel un corps est en repos ou en mouvement, ne répugnait pas à Galilée, non plus qu'à Newton. Aujourd'hui, nous som-

mes plus exigeants : le mouvement nous apparaît comme étant de sa nature un phénomène relatif, dépendant d'un système déterminé de repères. S'il existe un espace, on doit pouvoir le reconnaître.

A cette question s'en joint une autre relative à la nature de la force. Lorsqu'on admet la réalité objective de la force, il doit y avoir, semble-t-il, un criterium permettant de reconnaître si un corps donné est soumis où non à l'action d'une force. Dans cette supposition le principe de l'inertie nous fournit la définition de l'espace absolu — à un mouvement uniforme près — au moyen des positions simultanées de plusieurs corps en repos relatif les uns par rapport aux autres et soutraits à l'action de toute force. Le mouvement d'un autre corps isolé servira ensuite d'horloge pour l'évaluation du temps. C'est par rapport à cet espace et à cette horloge que les lois mécaniques de Newton sont valables.

En réalité les choses se présentent d'une manière plus compliquée, le criterium en question n'existant pas toujours. Tantôt, en effet, la force est donnée d'une manière directe au moyen, par exemple, de la tension statique d'un ressort ou d'un fil élastique, en un mot, par la fatigue qu'elle produit dans certains liens physiques. D'autres fois, au contraire, elle n'est connue que d'une façon indirecte — dynamiquement — par le mouvement qu'elle imprime à un corps donné. La première détermination est indépendante de tout système d'axes, non la seconde : la pesanteur, par exemple, est connue sous ces deux aspects, l'attraction planétaire sous le second seulement. Ainsi, d'une part, le principe de l'inertie appliqué à un corps soustrait à l'action des forces doit nous fournir la définition de l'espace absolu, d'autre part, on ne peut savoir si un corps est soustrait à l'action de forces qu'en rapportant son mouvement à ce même espace absolu. Les deux définitions, on le voit, sont connexes.

Pour sortir de ce cercle vicieux, M. Andrade, reprenant une idée du distingué mécanicien F. Reech[1], adopte la défini-

[1] Cours de Mécanique d'après la nature généralement flexible et élastique des corps, 4, 1852.

tion statique de la force, à l'exclusion de la définition dynamique. Le principe de l'inertie est supprimé comme sans utilité : à sa place un nouvel absolu est admis, celui des liaisons de position. D'après Reech l'action dynamique de la force consiste à produire un changement dans l'accélération naturelle du mobile, le dit changement d'accélération étant alors défini d'une manière indépendante du sytème coordonné. La double question posée ci-dessus est, non résolue, mais éludée. Quant au mouvement naturel la détermination en est impossible a priori : elle résulte de l'expérience. Sur ce point on en revient, on le voit, aux idées cinématiques de Kirchhoff et à sa définition purement verbale de la force. Cette façon d'envisager les choses se justifie en pure logique ; mais elle paraîtra sans doute insuffisante aux philosophes, car elle vide, pour ainsi dire, les principes de Mécanique de tout contenu positif. Elle ne satisfera guère non plus ceux des mécaniciens qui, fidèles aux anciennes idées, voient dans le mouvement accéléré des corps libres un effet de la pesanteur laquelle, employée autrement, peut se manifester par la tension d'un ressort.

M. Andrade complète le point de vue de Reech par l'importance qu'il attribue au principe de d'Alembert ou au principe équivalent de la moindre contrainte. Il se rencontre ici avec H. Hertz : cet auteur a basé la Mécanique entière sur l'hypothèse des liaisons de position et l'admission du principe de Gauss, comme loi du mouvement naturel. Bien que faisant une large part à l'hypothèse, ce point de vue, quelque idée qu'on se fasse de sa réalité, est le seul qui permette jusqu'ici de présenter les principes de la Mécanique d'une manière large et logique, indépendante de toute notion transcendante comme celles de force et d'énergie. Il est singulier que M. Andrade, qui s'appuie en somme sur les mêmes principes, sans en avoir poussé aussi loin les conséquences, n'ait pas cru devoir donner dans ses Leçons une discussion ou même un aperçu du point de vue hertzien.

Avec les parties 2 et 3 des Leçons de Mécanique physique nous entrons dans la portion didactique de l'ouvrage.

La deuxième partie est consacrée à l'étude des systèmes

déformables. On y trouve la Cinématique des milieux continus (§§ 1, 2, 3) en coordonnées orthogonales rectilignes et curvilignes, les théorèmes de Green et Stokes, ainsi que ceux de Helmholtz sur les mouvements avec fonction d'accélération d'après la méthode de Thomson. Les chapitres 4-6 contiennent la théorie générale de l'élasticité, y compris celle des vibrations des solides isolés d'après les idées de M. Poincaré. Les chapitres 7 et 8 sont consacrés aux fluides et aux propriétés des vortex, déjà ébauchées en cinématique, la méthode d'intégration de Clebsch, etc.

Ces diverses théories sont données avec originalité et élégance. L'auteur se borne à établir les équations générales et les conséquences qui en dérivent, en s'abstenant de toute application : ce caractère abstrait de cette partie de l'ouvrage en rendra la lecture pénible aux lecteurs peu familiers avec les matières traitées.

Est-ce à ce même souci d'éviter tout problème spécial qu'est due l'absence de théories fondamentales comme le mouvement non rotationnel, le mouvement ondulatoire des fluides, ou encore le problème de Saint-Venant ?

La troisième partie traite de la théorie de la résistance des matériaux, les éléments de statique graphique, la poutre droite sur deux appuis, la poutre continue, etc.

L'ouvrage se termine par plusieurs notes. L'une d'entre elles intitulée : « *La Statique et les géométries de Lobatchewski, d'Euclide et de Riemann* » contient la substance d'une communication faite par l'auteur au Congrès des Mathématiciens (Zürich 1897) et mérite une mention spéciale pour son haut intérêt. On voit que la statique élémentaire n'est au fond que la géométrie des vecteurs supposés mobiles le long de leur ligne d'action et composables d'après la règle du parallélogramme. Reprenant une idée de M. de Tilly, M. Andrade remarque que les formules de la composition, mais non la construction connue, peuvent être établies sans faire appel au postulat des parallèles. La statique des solides est donc, dans une large mesure, indépendante du postulat d'Euclide : par exemple, qu'on admette ou non celui-ci, le théorème des vitesses virtuelles subsiste dans son

entier. En appliquant ces principes à la composition de deux forces égales perpendiculaires sur une même droite, on voit nettement l'obligation d'une hypothèse relative à la grandeur de la résultante, laquelle peut être plus grande. plus petite, ou égale à la somme des composantes. Selon l'alternative choisie, on obtient à volonté la géométrie de Lobatchewski, celle de Riemann, ou enfin celle d'Euclide. Cet exposé est remarquable, car il pénètre moins au cœur des questions que les méthodes de Riemann ou de Lie, il est, en revanche, d'une grande simplicité. En suivant les idées de M. Andrade, il paraît possible d'introduire dans l'enseignement moyen l'étude des difficiles théories de la géométrie non euclidienne.

Les nouvelles *Leçons de Mécanique* se recommandent donc par la nouveauté des aperçus et la variété des questions abordées. Il est regrettable que le volume soit déparé par un grand nombre de fautes d'impression. C.-C.

PHYSIQUE

H.-F. Weber. Considérations sur l'influence de la forme des forces électromotrices ou des intensités alternatives dans la détermination des capacités et des coefficients d'induction a l'aide des courants alternatifs (*Wied. Ann.* t. 63, p. 366, Zurich).

L'auteur traite en premier lieu le cas de la mesure d'une capacité. Soit i le courant de charge, p la tension aux bornes d'un condensateur de capacité C; ces diverses quantités sont reliées par la formule bien connue

$$i = \frac{d}{dt}\left(p.C\right) \qquad (1)$$

Si la tension p au lieu de varier suivant une expression sinusoïdale simple renferme des harmoniques supérieurs, elle sera de la forme

$$p = P_1 \sin(2\pi nt + \alpha_1) + P_3 \sin(6\pi nt + \alpha_3) + \\ + P_5 \sin(10\pi nt + \alpha_5) + \dots$$

en supposant, ce qui est fréquemment le cas, que la courbe représentée par cette expression est symétrique de part et d'autre de l'axe des x; d'où disparition des harmoniques d'ordre pair.

L'équation ainsi résolue donne

$$C = \frac{I}{2\pi n P} \sqrt{\frac{1 + \frac{P_3^2}{P_1^2} + \frac{P_5^2}{P_1^2}}{1 + 9\frac{P_3^2}{P_1^2} + 25\frac{P_5^2}{P_1^2}}} \qquad (2)$$

Dans laquelle I et P désignent l'intensité et la tension efficaces définies par les expressions bien connues

$$I^2 = \frac{1}{T}\int_0^T i^2.dt \qquad P^2 = \frac{1}{T}\int_0^T p^2.dt$$

Dans l'hypothèse d'une tension sinusoïdale simple on aurait

$$C = \frac{I}{2\pi n P}$$

Le radical de la formule (2), que pour abréger on peut représenter par f, représente donc le facteur de correction provenant de la présence des harmoniques supérieurs.

Dans la détermination d'un coefficient de self-induction par le courant alternatif on part de l'équation des forces électromotrices

$$iw + L\frac{di}{dt} = p$$

w et L désignant la résistance et le coefficient de self-induction de l'appareil, p la tension aux bornes et i le courant qui le traverse.

Si la tension p n'est pas une fonction sinusoïdale simple, on obtient par un calcul analogue au précédent

$$L = \frac{P}{2\pi n I}\sqrt{\frac{1 + \frac{1}{9}\frac{P_3^2}{P_1^2} + \frac{1}{25}\frac{P_5^2}{P_1^2}}{1 + \frac{P_3^2}{P_1^2} + \frac{P_5^2}{P_1^2}}} = \frac{P}{2\pi n I}\, l$$

expression qui se réduit à

$$L = \frac{P}{2\pi n I}$$

dans l'hypothèse d'une variation sinusoïdale simple de la tension aux bornes; f peut donc être appelé le facteur de correction résultant de la présence des harmoniques supérieurs de la tension.

A titre d'exemple l'auteur indique la valeur du facteur de correction en employant pour les mesures soit une machine alternative Siemens dont la tension peut être considérée comme sinusoïdale, soit une machine de Ganz et C° dont la tension diffère sensiblement de la sinusoïde. Les expressions exactes des tensions de ces deux machines étaient :

Machine Siemens

$$p = 100 \sin (2\pi nt + 0°.0) + 1.11 \sin (6\pi nt + 8°.1) + \\ + 2.25 \sin (10\pi nt - 5°.2) + \ldots.$$

Machine Ganz et C°

$$p = 100 \sin (2\pi nt - 7°.0) + 38{,}4 \sin (6\pi nt + 144°.1) + \\ + 15.6 \sin (10\pi nt - 75°.9) + \ldots.$$

Facteurs de correction (Mesure de capacité).

Machine Siemens $f = 0.9935$

Machine Ganz et C° $f = 0.632$

Facteurs de correction (Mesure de self-induction).

Machine Siemens $f = 0.9998$

Machine Ganz et C° $f = 0.932$

L'auteur termine par une étude critique de la méthode que M. Stephan a indiquée pour reconnaître si l'on a affaire à une force électromotrice sinusoïdale simple. Il est aisé de voir que cette méthode ne peut donner aucune indication précise à ce sujet; le calcul et l'expérience en fournissent la preuve. En appliquant la méthode de Stephan à la machine Ganz, employée par M. Weber, on arriverait à la conclusion erronée que la tension de cette machine est peu différente d'une tension sinusoïdale simple.

En résumé la note présentée par M. Weber est particu-

lièrement intéressante par le fait qu'elle fait voir clairement l'ordre de grandeur des erreurs commises en supposant les tensions rigoureusement sinusoïdales. Ch.-E. G.

W. Voigt. — Die fundamentalen physikalischen Eigenschaften der Krystalle Les propriétés physiques fondamentales des cristaux. 1 vol. in-8, 243 p., 52 fig. Leipzig, Vieweg 1898.

La notion géométrique de la symétrie domine toute la physique des cristaux et lui imprime un caractère d'unité et de logique que peu de sciences possèdent au même degré. Le cadre des possibilités est si bien délimité que lorsqu'une propriété physique est supposée ou démontrée exister d'une manière générale, on sait d'avance dans quels cristaux elle peut se rencontrer et quelle forme spéciale elle doit affecter dans chaque cas. La cristallographie se rapproche des sciences abstraites autant qu'une science physique peut le faire. Et cependant ce n'est qu'avec une extrême lenteur qu'elle s'est formée ; rien n'est plus curieux à suivre que les détours infinis par lesquels elle est arrivée à la pleine connaissance des quelques idées fondamentales sur lesquelles elle repose.

Ces bases fondamentales nous paraissent en somme être au nombre de trois, savoir :

A. La théorie de la symétrie de la structure cristalline. Un cristal, corps homogène pour nos sens, doit être formé d'un très grand nombre de points très rapprochés les uns des autres, autour desquels la structure soit identiquement la même. On démontre que les arrangements possibles de ces points se répartissent dans trente-deux systèmes de symétrie seulement. Ce résultat était contenu en germe dans la loi de dérivation que Haüy avait déduite de l'observation, mais qui n'est elle-même qu'une autre conséquence de l'homogénéité ; il a été obtenu par Hessel en 1830, dans un travail qui ne fut pas remarqué, retrouvé quelques années plus tard par Bravais, et confirmé par les recherches plus récentes

de Sohncke, de M. de Fedorow et de M. Schœnflies. La théorie de la symétrie de la structure cristalline, enchevêtrée pendant longtemps dans la théorie de la symétrie des formes cristallines, a eu grand peine à s'en dégager, et ce n'est que depuis peu de temps que la classification des cristaux en trente-deux systèmes de symétrie paraît généralement adoptée.

B. La loi de symétrie des propriétés physiques des cristaux, dont la loi de symétrie de Haüy n'est que l'application au cas spécial des formes extérieures. Les directions cristallographiquement semblables, c'est-à-dire de structures identiques, ne peuvent en aucun cas avoir des propriétés différentes, tandis qu'il n'y a pas de relation générale et nécessaire dans tous les cas entre des directions qui ne sont pas cristallographiquement semblables. De là résulte pour chaque système de symétrie une distribution caractéristique des diverses propriétés physiques, distribution qui, dans certains cas particuliers, peut se confondre avec celle de tel ou tel autre système mais exige toujours et avant tout un examen spécial. Ce principe n'est pas contestable, et a été reconnu plus ou moins complètement par les mathématiciens dès la première moitié de ce siècle, Cauchy, Poisson, Neumann, par exemple. Une vue parfaitement nette de cette loi se trouve dans les travaux de Pasteur sur la polarisation rotatoire en 1848, et il serait facile d'en citer d'autres exemples. Mais l'application conséquente de la loi de symétrie exigeait avant tout la connaissance complète des systèmes de symétrie possibles. La systématisation véritable de cette loi, commencée vers 1850 par Bravais et Delafosse pour les conditions de coexistence des formes cristallines hémiédriques, vers 1867 par M. Sarrau et M. Boussinesq pour les propriétés optiques, a été considérablement étendue dans ces dernières années par des recherches théoriques importantes, celles de M. Minnigerode et de M. Voigt principalement, relatives aux propriétés élastiques, électriques et thermiques.

C. La théorie de la symétrie des phénomènes physiques. La loi de symétrie exige dans son application une certaine attention. Il faut en effet tenir compte constamment non seulement de la symétrie de la structure du cristal, mais

aussi de la nature des phénomènes que l'on veut étudier. Nous observons par exemple l'effet produit sur un cristal par un échauffement uniforme. Nous trouvons que le cristal peut s'électriser en sens inverse à ses deux bouts, et qu'il peut changer de longueur. Ce premier phénomène exige évidemment que le cristal ait une structure différente à ses deux bouts, ou plutôt dans les deux sens opposés d'une droite parallèle à sa longueur ; l'électrisation ne peut s'observer que sur un cristal hémimorphe. La dilatation au contraire n'implique aucune différence de structure et se produira de la même manière dans un cristal hémimorphe et dans un cristal centré. Jusqu'à ces dernières années, ces considérations évidentes en principe, mais parfois assez délicates à appliquer, étaient examinées à part dans chaque cas particulier, voir par exemple les travaux de Pasteur déjà cités sur la polarisation rotatoire, ceux de MM. Friedel et Curie sur la pyroélectricité. Mais depuis peu de temps, un nouveau progrès a été fait et l'on a commencé, à l'exemple de M. P. Curie, à établir une véritable théorie systématique de la symétrie des phénomènes physiques. En bonne logique, l'exposé didactique de cette théorie devra dorénavant précéder l'exposé de la loi de symétrie.

C'est justement l'importance donnée à ce nouveau point de vue qui fait le caractère et le grand intérêt du livre de M. Woldemar Voigt. Ce livre n'est pas précisément un traité de cristallographie, c'est un exposé succinct des relations fondamentales des propriétés physiques des cristaux, soit entre elles, soit avec la symétrie cristalline ; exposé élémentaire autant que le sujet le comporte, propre à faire réfléchir et digne en tous points de la réputation du savant professeur de Gœttingue.

La plus grande partie de cet ouvrage est consacrée aux phénomènes homogènes et stationnaires résultant d'actions diverses, et liés à celles-ci par des relations linéaires. L'optique cristallographique est laissée de côté, soit parce que la propagation des ondes suppose nécessairement un état du cristal variable d'un point à un autre, soit parce que ses lois sont suffisamment connues pour ne pas avoir besoin d'être résumées à nouveau.

M. Voigt distingue parmi les phénomènes et états physiques : 1° Ceux qui sont définis par un *scalaire*, c'est-à-dire par une simple grandeur, indépendante de toute direction (température, par exemple). 2° Ceux qui sont définis par un *vecteur*, c'est-à-dire par une droite de grandeur, de direction et de sens déterminés. On doit distinguer les vecteurs *polaires*, symétriques par rapport aux plans parallèles, mais non par rapport aux plans perpendiculaires à leur direction (déplacement, force et courant électriques, flux de chaleur), et les vecteurs *axiaux*, symétriques par rapport aux plans perpendiculaires, mais non par rapport aux plans parallèles à leur direction (rotation, force et moment magnétiques). 3° Ceux qui sont définis par un *tenseur*, c'est-à-dire par une droite de grandeur et de direction données, mais dont les deux sens opposés sont équivalents (tension, dilatation).

M. Voigt considère ensuite les propriétés physiques des cristaux comme des relations entre certains états agissant comme causes et d'autres états qui en sont les effets, relations qui seront elles-mêmes modifiées par la symétrie cristallographique.

Si, par exemple, un état primaire scalaire ou tensoriel donne naissance à un état secondaire scalaire ou tensoriel, le phénomène est de sa nature un phénomène centré, qui ne peut pas présenter de différence sur les deux directions opposées d'une même droite, et ne saurait manifester une différence de ce genre qui existerait dans la structure du cristal. Un tel phénomène se passera de la même manière dans les cristaux centrés et non centrés. Tel est le cas cité plus haut de la dilatation d'un cristal hémimorphe. Un phénomène centré peut aussi se produire lorsque à une cause vectorielle correspond un effet vectoriel, et que, de plus, la relation qui les unit est telle que le changement de sens de l'un des deux vecteurs entraîne simplement le changement de sens de l'autre. Cette dernière condition résulte pour tous les cas rentrant dans le plan de l'ouvrage de M. Voigt, de la forme linéaire des formules ; mais elle n'est pas une conséquence pure et simple de la symétrie des vecteurs et n'est pas satisfaite dans certains cas plus compliqués.

Un état scalaire ou tensoriel ne peut au contraire donner naissance à un phénomène vectoriel polaire suivant une certaine direction que si les deux sens opposés de cette direction n'ont pas la même structure; tel est le cas de la pyroélectricité polaire, et de la piézoélectricité. De tels phénomènes ne peuvent se produire que dans des cristaux non centrés. Dans des cristaux centrés, ce seraient des effets sans cause.

Un phénomène quelconque doit avoir au moins les éléments de symétrie qui sont communs à l'action qui lui donne naissance et au milieu dans lequel il se produit. Il peut d'ailleurs avoir une symétrie supérieure, comme dans l'exemple des phénomènes centrés que nous avons cité tout à l'heure.

M. Voigt passe successivement en revue :

1° Les relations entre un phénomène scalaire et un phénomène vectoriel : la pyroélectricité (polaire) et le phénomène réciproque d'une variation de température par l'électrisation, phénomène qui se déduit de la première par l'application des principes de la thermodynamique, mais qui n'a pas encore été étudié expérimentalement.

2° Les relations entre un scalaire et un tenseur, ou plutôt entre un scalaire et le système plus général de trois tenseurs rectangulaires : la dilatation thermique, et les phénomènes thermiques avec action mécanique, phénomènes réciproques de la dilatation, et dont l'étude pour les cristaux est encore à faire.

3° Les relations entre deux vecteurs de même espèce : polarisation diélectrique, polarisation magnétique, conductibilité électrique, conductibilité thermique, thermoélectricité, et variation de température réciproques.

4° Les relations entre un vecteur et un triplet de tenseurs : la piézoélectricité et la déformation électrique réciproque.

5° Les relations entre deux triplets de tenseurs : l'élasticité.

Dans un dernier chapitre, l'auteur jette un coup d'œil sur les cas possibles où la relation entre la cause et l'effet ne serait pas exprimable par des relations linéaires, sur ceux

où l'effet résulte de l'action simultanée de plusieurs causes différentes, et sur les phénomènes accompagnés d'effets résiduels, ou d'altérations permanentes du cristal. L'ouvrage se termine par douze notes complémentaires renfermant des démonstrations analytiques et le développement de quelques points spéciaux.

Nous ne pouvons entrer dans l'analyse de ces divers chapitres, le lecteur y trouvera beaucoup de choses intéressantes, car nul n'était mieux qualifié pour les écrire que M. Voigt, qui par ses travaux personnels et par ceux de ses élèves, a grandement contribué à jeter du jour sur ces questions difficiles.

Le mode d'exposition qu'il a adopté met en relief les analogies formelles qui existent entre des domaines au fond très différents. Tous les phénomènes qui sont principalement considérés dans cet ouvrage ont entre eux une certaine parenté, résultant, suivant une remarque de Mallard, du fait qu'ils sont définis par des équations linéaires. Ceux qui ont en outre une même symétrie dans leur origine et dans leurs manifestations suivent des lois absolument parallèles; leurs formules ne diffèrent le plus souvent que par la valeur et la signification des coefficients qui y entrent. Tel est le cas bien connu, signalé depuis longtemps par lord Kelvin, relevé plus récemment par M. Liebisch, des phénomènes groupés ci-dessus dans les relations entre deux vecteurs de même espèce. C. S.

G. Melander. Sur la condensation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Br. in-4, 141 p., 2 pl. Helsingfors, 1897.

L'auteur expose dans ce mémoire les résultats de longues séries d'observations faites à l'aide du compte-poussières d'Aitken en diverses localités très différentes : le mont Salève en Savoie, l'oasis de Biskra, le village de Torbola et la forêt de Loimola en Finlande, les environs de la ville de Kristiansund sur la côte ouest de Norwège, et l'île de Grip à 17 kilomètres au large de Kristiansund. Le nombre des

poussières augmente en général avec la sécheresse de l'air; cette règle paraît rendre un compte suffisant de l'influence de la direction du vent observée aux diverses stations. La thèse d'Aitken, d'après laquelle le nombre des poussières diminuerait quand le vent devient plus fort, paraît être contestable elle-même et devoir plutôt être ramenée à la règle précédente en tenant compte des conditions locales. M. Melander relate ensuite diverses expériences de laboratoire d'où résulte que les vapeurs produites par une solution saline peuvent, même à la température ordinaire, entraîner des particules de sel en suspension ou en dissolution; le nombre des poussières augmente dans le voisinage du liquide. Il conclut de ses recherches que, dans beaucoup de cas au moins, les particules de sel en suspension dans l'atmosphère sont la cause des brouillards, des nuages et de la pluie. Cette hypothèse est confirmée par l'étude des dépôts que laissent après leur évaporation des gouttes de pluie recueillies sur une lame de verre. Il y aurait constamment dans l'atmosphère une infinité de particules salines, qui à l'état sec seraient à peu près sans action sur la lumière et par suite invisibles, mais qui en présence d'une proportion suffisante de vapeur d'eau, la condenseraient en fines gouttelettes et deviendraient ainsi un nuage visible. C. S.

J. Westman. Bidrag till kænnedom om jærnglansens magnetism. Contribution a la connaissance du magnétisme du fer oligiste. Upsala Universitets Arsskrift 1896. Br. in-8. 51 p., 1 pl. Upsala, Lundström 1897.

L'auteur a eu l'amabilité de donner à la fin de son mémoire un résumé en français des résultats très intéressants auxquels il est arrivé. Le fer oligiste de Kragerö est paramagnétique dans toutes les directions et a une force coercitive assez grande. Le vecteur d'aimantation n'est pas en général parallèle au champ magnétisant. Dans les champs les plus intenses les axes cristallographiques secondaires de première espèce sont équivalents à ceux de seconde espèce. La sus-

ceptibilité dans la direction de l'axe principal ne dépasse pas quelques centièmes de la susceptibilité dans le plan perpendiculaire à l'axe. Cette dernière est égale à un ou deux millièmes de la susceptibilité du fer ordinaire.

C. S.

P. GROTH. TABELLARISCHE UEBERSICHT DER MINERALIEN. TABLEAUX DES RELATIONS CRISTALLOGRAPHIQUES ET CHIMIQUES DES MINÉRAUX. 4me édit., 1 vol. in-4, 184 p. Brunswick Vieweg, 1898.

Il est inutile de faire l'éloge des tableaux bien connus du professeur de Munich. Cette quatrième édition, comme celles qui l'ont précédée depuis 1874, prendra place parmi les livres dont un minéralogiste ne saurait se passer. L'ordre général de la classification est resté le même. Mais les travaux récents ont amené d'importants compléments. De plus, les explications générales nécessaires pour faire comprendre les relations chimiques et cristallographiques des divers groupes, ont été mises en tête de chaque groupe et séparées des indications complémentaires sur les minéraux peu connus ou incertains, avec lesquelles elles étaient précédemment en partie confondues. Cette amélioration, qui ajoute à la clarté de l'ensemble, ne peut qu'augmenter la valeur et l'utilité de cet excellent ouvrage. C. S.

PALEONTOLOGIE

L. RÜTIMEYER. GESAMMELTE KLEINE SCHRIFTEN. 2 vol. 8° avec portrait. Georg et Cie, à Bâle.

C'est certainement une heureuse idée qu'ont eue MM. Leopold Rütimeyer et H.-G. Stehlin de réunir en 2 petits volumes de 400 pages environ ces « Kleine Schriften » comme ils les appellent. Ce ne sont pas elles, il est vrai, qui ont fait la gloire de Rütimeyer ; elles sont même peu connues et méritent de l'être, parce qu'elles nous permettent de suivre pas à pas la pensée d'un des maîtres de la science dans les moments où, abandonnant ses observations de détail, il se laissait aller à des réflexions générales et philosophiques.

Ces considérations, écrites dans un style très clair, ont en outre l'avantage d'être à la portée non seulement des spécialistes, mais de tous ceux qui s'intéressent de près ou de loin à l'histoire naturelle.

Dans une autobiographie et deux récits de voyage, l'un dans les Alpes et sur les bords de la Méditerranée, l'autre en Bretagne, l'on apprend à connaître le savant passionnément épris de la nature, observant et admirant à la fois, et s'intéressant à tous les problèmes de l'histoire naturelle, de la botanique, de la géologie, de l'ethnographie, de l'archéologie, etc. Deux notices sont consacrées à l'histoire des deux sciences qui ont le plus vivement préoccupé Rütimeyer, l'histoire naturelle et l'étude des glaciers et partout ressort à côté du respect pour la science, le respect pour les savants, un sentiment que l'on retrouve au plus haut point dans les biographies de Bernard Studer, Peter Merian, Louis Agassiz.

Mais la partie la plus captivante de cette publication est formée par une série de notes consacrées aux diverses questions qui ont si vivement préoccupé les savants du milieu du siècle : la distribution géographique des faunes dans les temps actuels et passés, les transformations subies par ces faunes, l'influence du climat et finalement la question de l'évolution, de l'adaptation, du perfectionnement. En ce qui concerne plus spécialement notre pays, l'auteur traite à différentes reprises la question de l'origine des races humaines et des faunes de Vertébrés qui l'habitent aujourd'hui et fait ressortir l'importance de la période glaciaire qui a permis à des formes arctiques de s'avancer jusque dans la région des Alpes et des Pyrénées où une partie d'entre elles subsistent encore de nos jours, réfugiées dans les hautes régions de ces montagnes. Tous ces travaux sont les fruits de nombreuses observations et dénotent, à côté d'un esprit scientifique particulièrement scrupuleux, une élévation d'idées peu commune.

Pour finir, il me reste à ajouter que MM. Stehlin et Rütimeyer ont terminé leur publication par une bibliographie complète des œuvres du savant professeur de Bâle.

C. Sar.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 3 novembre 1897.

Schardt. Origine des grands lacs du Jura. — Delessert. Le haricot sauteur. — Amann. Nouveau microscope.

M. H. Schardt, professeur, fait une communication préliminaire sur ses études au sujet de *l'origine des grands lacs du Jura,* en particulier des lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Morat. Il rattache la formation de ces nappes stagnantes sur le parcours de dépressions d'érosion manifestes au même affaissement qui délimite la zone des Préalpes du Stockhorn et du Chablais, entre la vallée du lac de Thoune et celle de l'Arve. La zone des lacs du pied du Jura, comprenant aussi la partie du lac Léman, appelée le Petit Lac, se trouve justement vis-à-vis de cette zone d'affaissement, soit sur le prolongement des plis monoclinaux transversaux qui marquent la vallée de l'Aar et celle de l'Arve. Quatre vallées ont été ainsi partiellement transformées en lacs :

1. La vallée de la Thièle correspondant au bassin occidental des lacs de Neuchâtel et de Bienne.

2. La vallée de la Menthue, correspondant au bassin oriental de ces deux lacs.

3. La vallée de la Broie et probablement encore la vallée de la Petite-Glane, puisque le lac de Morat offre aussi deux dépressions.

Ce tassement qui tombe sans doute entre la 1re et la 2me glaciation, n'a guère été inférieur à 250m dans la partie la

plus profonde, a créé d'abord un lac unique, entrecoupé par des presqu'îles et des îles. Mais le cours de l'Aar qui était dirigé primitivement, à partir de Berne, vers le nord, par Wangen, a été modifié par cet affaissement, et cette rivière s'est creusé un nouveau passage vers l'ouest, pour se jeter dans le nouveau lac. Ses alluvions et surtout celles des torrents glaciaires, lorsque le glacier de l'Aar fut stationnaire au N. de Berne, eurent pour effet de combler le milieu de ce grand lac, en créant les trois bassins des lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Morat.

M. Schardt signale encore le fait remarquable d'un anticlinal transversal existant sur le parcours du partage d'eau, entre le bassin du Rhin et du Rhône, c'est le Mortmont; il pourrait bien résulter de la tension superficielle qui a dû se produire jusqu'au moment où l'affaissement a atteint la valeur de la flèche de la courbure terrestre comprise dans l'aire de l'affaissement.

Dans l'intérieur du Jura le lac de Joux, celui de St-Point et le lac temporaire du Val de Travers sont probablement aussi en relation avec ce phénomène, en ce sens que, situés dans la zone du Jura qui a participé au mouvement descendant, on peut les considérer comme des tronçons de vallées ayant acquis une pente inverse. La chose devient évidente, lorsqu'on reconstitue par la pensée l'état antérieur à l'affaissement. La région supérieure du lac Léman a participé à la fois à l'affaissement préalpin et au tassement général des Alpes, qui a donné lieu aux autres lacs marginaux de cette chaîne ; donc sa grande profondeur s'explique facilement et pourraît même être invoquée comme un argument en faveur de l'hypothèse elle-même.

M. Eug. Delessert donne quelques indications sur une petite merveille de la nature, le *haricot sauteur*, qu'il présente à l'assemblée et qui est bien le seul végétal animé connu, la seule graine pouvant se mouvoir et se déplacer pendant plusieurs mois consécutifs, si toutefois elle se trouve dans certaines conditions favorables à ses pérégrinations.

Cette graine, qu'on appelle en Angleterre *Carpocapsa*

saltitans, du nom de l'animalcule qui s'y trouve renfermé, est le produit d'un arbre assez singulier, découvert dans un marécage d'un demi-mille carré, aux environs de la ville d'Alamos (près du Rio Sonora, Mexique). Elle ressemble surtout à une graine de fusain, dont elle a à peu près la grosseur; mais chaque lobe distinct a plutôt la forme d'une graine de capucine ou d'un grain de café.

Le fruit de cet arbre est triangulaire, divisé en trois parties égales. Deux de ces lobes contiennent une petite graine noire sphérique; la troisième est l'asile d'une petite chenille, mesurant 11^{mm} de longueur et 3 de largeur.

Lorsque le fruit est mûr, il tombe sur le sol et s'ouvre. La portion qui contient la larve se met immédiatement en marche et, sautillant d'une façon extraordinaire, s'éloigne de l'arbre qui lui donna naissance.

Le motif de ces mouvements n'est pas encore bien connu. Pourquoi ce corpuscule s'éloigne-t-il ainsi ? On dirait que l'animal, craignant d'être surpris par un ennemi, s'éloigne instinctivement de l'endroit où il est né et tombé. Il vit apparemment sans manger et ne cherche pas à sortir de son enveloppe; au contraire, il n'est heureux qu'enfermé dans sa prison. Ainsi, faites soigneusement un petit trou à l'une des parois de cette capsule, la chenille se met aussitôt à l'ouvrage pour réparer le dommage et, en peu de temps, elle a recouvert le trou d'une fine toile soyeuse. Cela fait, elle reprend ses sauts et ses migrations.

Voici encore une autre observation faite par la personne qui a fourni les renseignements sur ces carpocapsa : une de ces graines fut un jour écrasée accidentellement et considérée comme perdue; quel ne fut pas son étonnement, lorsqu'elle vit le lendemain matin la coque de cette graine complètement reconstituée dans toutes ses parties !

Les mouvements de ces graines sont curieux et intéressants à étudier. Posées sur une surface plane et légèrement chauffée, elles se mettent peu à peu en mouvement; celui-ci s'accentue, si la température augmente. Elles s'arrêtent, quand on les touche, car elles le sentent, et rien ne peut les décider à sauter; mais laissez-les tranquilles, et au bout de

quelques instants, elles recommencent bientôt leurs mouvements en tous sens, s'avançant en ligne droite ou décrivant des courbes, mais procédant toujours par saccades. Exposées à une certaine chaleur, ces chenilles réussissent à se soulever avec leur demeure et même à effectuer des sauts de 5 à 6 millimètres de hauteur et peut-être davantage. Ces mouvements ont également lieu à la simple clarté d'une lumière.

On est surpris de ne voir dans ce fruit aucun trou (comme par exemple dans les fruits véreux), aucune issue indiquant par où l'insecte est entré. On suppose que son œuf a été déposé dans la fleur et que l'insecte, qui lui donna naissance, sert à la fructification de la plante.

La graine mûrit en juillet et août; elle vit et saute jusqu'en mai de l'année suivante. Elle craint beaucoup le froid et doit être placée dans un endroit sec et bien éclairé, surtout suffisamment chauffé, de préférence par le soleil.

M. Delessert ajoute qu'il a appris la veille, par un collègue, que M. F.-A. Forel avait déjà présenté des graines analogues, il y a précisément cinq ans (le 2 nov. 1892), et sur lesquelles il pourra redonner à l'assemblée certains renseignements qui compléteront sa communication.

M. le professeur Forel confirme en effet la chose et dit que ces graines, provenant de diverses espèces d'Euphorbiacées, sont celles du *Croton colliguaya* et que la chenille est celle du *Carpocapsa Dehaisiana*, qui vit ainsi de 7 à 8 mois, avant de se transformer en chrysalide. Ce genre appartient à la famille des Tortricidæ (Microlepidoptera).

M. Jean Dufour fait remarquer qu'une chenille de ce genre s'attaque également aux pommiers à *Carpocapsa Pomone.*

A propos des mouvements extraordinaires de ces larves de carpocapsa, M. Ch. Dufour rappelle les sauts non moins remarquables de certaines espèces de vers de fromages et qui évoluent parfois à une hauteur de plusieurs centimètres.

M. P. Jaccard ajoute qu'on lui a montré assez récemment des graines analogues, qu'on lui disait avoir été importées du Brésil et qu'il avait été aussi surpris de leurs remarquables évolutions.

M. Jules AMANN, présente un nouveau *microscope* grand modèle, destiné aux études minéralogiques et pétrographiques, construit par la maison F. Koristka à Milan, sur les indications du prof. Bongnatelli de Pavie, et auquel il (M. Amann) a fait apporter certaines modifications et additions, qui en font un instrument très complet, tout en étant d'une construction aussi simple et aussi robuste que possible. Il sera décrit dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles.

Séance du 17 novembre.

Kunz-Krause. L'analyse capillaire. — Dutoit. Photographie. — Jaccard. Le Turkestan.

M. H. KUNZ-KRAUSE présente une étude : « *Sur l'analyse par voie capillaire — son origine, sa méthode et son application.* » — Les premières observations sur la capillarité, c'est-à-dire sur les phénomènes d'élévation et de dépression de divers liquides dans des tubes capillaires, sont attribuées au peintre Leonardo da Vinci (1452-1519).

La connaissance de ces phénomènes remonterait ainsi au XVe siècle. Leur étude théorique fut ensuite reprise et complétée par Norman, Gilbert (1540-1603), Giovanni-Alfonso Borelli (1608-1679), Isaac Voss (1618-1689), Brook-Taylor (1685-1731), Alexis-Claude Clairault (1713-1765) et autres. Cependant ces observations et résultats théoriques restèrent sans application pratique jusqu'en 1861, où M. Fried. Schönbein, alors professeur à Bâle, rapportait dans la « Naturforschenden Gesellschaft zu Basel » : « *Ueber einige, durch die Haarröhrchen-Anziehung des Papiers hervorgebrachte Trennungswirkungen.* »

La valeur pratique des expériences de M. Schönbein fut aussitôt reconnue par M. Fried. Goppelsrœder, professeur et directeur alors de l'Ecole de chimie de Mulhouse. Dans la séance même, M. Goppelsrœder fit ressortir la grande importance de cette méthode pour la chimie analytique et surtout pour l'analyse d'un mélange de plusieurs matières

colorantes et en démontrait l'application dans un premier mémoire : « *Ueber ein Verfahren, die Farbstoffe in ihren Gemischen zu erkennen* », qui est publié dans le même fascicule avec le travail de M. Schönbein [1].

A ce premier travail et mémoire M. Goppelsrœder en fit succéder de nombreux autres, ayant tous trait à l'analyse capillaire [2].

M. Kunz-Krause insiste sur la grande valeur fondamentale de ces travaux, qui permet d'appeler M. Goppelsrœder le « *père de l'analyse par voie capillaire.* » Le conférencier ex-

[1] *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel*, 1861, III. Teil, Heft II, pag. 268. Le même travail se trouve sous le titre : « Note sur une méthode nouvelle propre à déterminer la nature d'un mélange de principes colorants dans le *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, t. 32 (1862) (séance du 30 octobre 1861).

[2] FRIEDR. GOPPELSRŒDER : *a*) « Ueber die Darstellung der Farbstoffe, sowie über deren gleichzeitige Bildung und Fixation auf der Faser mit Hilfe der Electrolyse, » (Oesterreichs Wollen und Leinen-Industrie, 1885, chap. VII); *b*) « Ueber Capillaranalyse, ein Verfahren, um die einzelnen Farbstoffe aus ihren Gemischen abzutrennen und neben einander zu erkennen » (*Romens Journ.* 1887, 2, N° 1); *c*) « Ueber die chemische Beschaffenheit von Basels Grund-, Bach-, Fluss- und Quellwasser, mit besonderer Berücksichtigung der sanitarischen Frage » (*Verh. der Naturf. Ges. zu Basel*, 1867, IV. Teil, Heft IV); *d*) « Einige Angaben über die Mineralbestandteile der Basler Trinkwasser » (*ibid.* 1875, VI. Teil, Heft II); *e*) « Zur Infection des Bodens und Bodenwassers » (1872, Programme de l'Ecole industrielle de Bâle); *f*) « Rapport sur le mémoire : Analyse du vin de M. Jules Roth » (Société Industrielle de Mulhouse, *Bulletin* t. *47* p. 460); *g*) « Mémoire sur l'analyse des vins » (*ibid.* t. *47*, p. 557); *h*) « Die im Mai und Juni 1869 in Basel gebrauten Biere » (*Verh. der Naturf. Gesellsch. zu Basel*, 1875, VI. Teil, Heft II); *i*) 1. « Ueber Capillaranalyse und ihre verschiedenen Anwendungen » et 2. « Ueber das Emporsteigen der Farbstoffe in den Pflanzen » (*Mitteilungen des K. K. Technolog. Gewerbemuseums in Wien*, Section für chemische Gewerbe, Neue Folge. II. Jahrg., 1888, N°s 3 et 4; III. Jahrg., 1889, N°s 1, 2, 3, 4; avec les « Beilagen », Mulhouse 1889, chez Wenz et Peters).

pose ensuite la méthode, telle qu'elle a été créée par M. Goppelsrœder, et fait ressortir que cette méthode frappe à trois points de vue : par sa simplicité, son élégance et sa merveilleuse subtilité!

Le procédé consiste simplement à suspendre des bandes de papier à filtrer blanc (2 centimètres de large sur 20 centimètres de long) de façon à ce que le bout inférieur du papier plonge environ 5 millimètres dans le liquide (aqueux, alcoolique, éthéré, etc.) à analyser.

Au bout de 24 heures — souvent après quelques heures déjà — les zones capillaires se sont formées sur le papier. L'image capillaire peut alors servir comme telle, c'est-à-dire dans son ensemble, pour identifier une substance donnée, ou bien les zones découpées peuvent être soumises chacune à une seconde ou troisième analyse capillaire, qui peut être complétée soit par l'analyse spectroscopique, soit par l'examen au microscope.

Outre le papier à filtrer, la plante de Chine (Ramie) se prête le mieux — selon les expériences de M. Goppelsrœder — à ces essais capillaires. En second lieu M. Goppelsrœder recommande les fibres de coton et de lin, la laine et la soie.

M. Kunz-Krause présente ensuite une collection de bandes capillaires, obtenue avec des teintures, extraits fluides et dialysés.

Cette nouvelle application aux produits pharmaceutiques démontre une fois de plus les services précieux et variés que la « *méthode Goppelsrœder* » est appelée à rendre à la science.

L'examen des produits suscités a démontré que les *teintures* seules fournissent des *images à zones,* qui sont en même temps et sans exception des *images individuelles*. Les extraits fluides et les dialysés (ces derniers récemment livrés au commerce par MM. Golaz et Co à Saxon, Valais) ne produisent point de zones, mais des bandes d'imbibition homogènes. Celles-ci diffèrent cependant par le degré de coloration. Les teintes des bandes produites par les dialysés sont généralement plus claires, tandis que celles des extraits fluides sont plus foncées. Quant à leur nature, les phénomènes capillaires sont — selon M. Ostwald — des *phénomènes d'absorption,*

c'est-à-dire « lorsqu'une matière poreuse plonge dans une dissolution il y a concentration autour des faces de contact. » Ainsi s'explique le phénomène que « *les composants d'une teinture, qui ont le poids moléculaire le plus élevé — par exemple la chlorophylle — sont déposés les premiers, c'est-à-dire à la plus petite distance du niveau du liquide.* »

M. C. Dutoit présente des photographies obtenues au moyens des rayons X des graines sauteuses du *Croton Colliguaya,* présentées dans la séance précédente par M. E. Delessert.

M. Paul Jaccard parle de son récent *voyage dans le Turkestan,* et expose spécialement ce qui a trait à l'irrigation et aux cultures dans leurs rapports avec les conditions géologiques et météorologiques de cette contrée.

Séance du 1er décembre.

Bugnion. Lépidoptères exotiques. — Jaccard. Fixation de l'azote gazeux. — H. Dufour. Caractères météorologiques particuliers du mois d'octobre 1897. — Amann. Mesure de la longueur d'onde des rayons X.

M. E. Bugnion présente de magnifiques *lépidoptères exotiques,* admirablement préparés par un procédé nouveau par M. A. Barbey.

M. Paul Jaccard parle des derniers travaux concernant la *fixation de l'azote gazeux* par les végétaux et en particulier des recherches de M. Henry, sur la fixation de l'azote par les feuilles mortes des forêts.

M. Henri Dufour donne les quelques détails suivants sur les *caractéres météorologiques particuliers du mois d'octobre 1897.* — La sécheresse extrême de ce mois est très exceptionnelle, il n'est tombé à Lausanne que $0^{mm},7$ de pluie le 15, tandis que la chute moyenne est en octobre de 118^{mm}. On ne trouve dans les observations anciennes depuis 1825

aucun mois d'octobre aussi sec que celui que nous venons de traverser et cette sécheresse se prolonge encore.

Ce mois a été aussi un mois de bise, le vent NNE et NE a soufflé avec une intensité et une durée exceptionnelle pour la saison. Les observations directes faites aux trois heures d'observations notent en effet 51 fois sur 93 les vents du N et NE. Deux périodes en particulier se distinguent par l'intensité du courant du nord, celle du 4 au 8 et celle du 20 au 22. D'après les graphiques tracés par l'anémomètre enregistreur du Champ de l'Air, on trouve les valeurs suivantes: la bise a commencé le 4 à 9 h. du matin d'une façon assez subite et elle est restée forte jusqu'au 8 à 9 h. du soir soufflant ainsi 108 heures. La vitesse moyenne dès le 5 au matin atteignait 33 kilom. à l'heure pour arriver à 50 kilom. le même jour à 9 h. ½ du soir; cette bise a soufflé avec une régularité très grande, mais sans atteindre comme intensité celle du 30 septembre au 2 octobre 1894, qui marqua à l'anémomètre de l'Observatoire de Genève 90 kilom au moment du maximum.

Ce courant prolongé de NE du 4 au 8 était déterminé par une forte différence de pression entre le Danemark siège des hautes pressions et le centre de l'Adriatique couvert par une dépression.

Les différences des hauteurs barométriques étaient en Suisse pendant cette période :

le 5	Bâle-Genève	3mm
	Bâle-Lugano	6mm 7
le 6	Bâle-Genève	3.5
	Bâle-Lugano	9.7
le 7	Bâle-Genève	2.8
	Bâle-Lugano	7.8

La chaîne des Alpes a maintenu ainsi plusieurs jours un gradient relativement très élevé entre les deux versants des Alpes.

Ce grand courant de NE a naturellement amené un abaissement de température prononcé sur la Suisse ; les 6, 7 et 8

le thermomètre est descendu à zéro degré de minuit à 6 h. du matin et les maxima n'ont pas dépassé 5°.

M. J. Amann rend compte des derniers travaux concernant la *mesure de la longueur d'onde des rayons X.*

Séance du 15 décembre.

Forel. Terrains glaciaires de la Finlande méridionale et centrale. — Benoît. Propriété particulière du trapèze. — Delessert. Observation d'un magnifique bolide.

M. F.-A. Forel décrit les *terrains glaciaires de la Finlande méridionale et centrale.* Il s'attache en particulier aux moraines terminales et aux *osars;* la théorie de ces derniers, collines de dépôts fluvio-glaciaires, longues et étroites, atteignant une hauteur qui peut s'élever au Kejseros de Kangasala jusqu'à 75 mètres au-dessus de la plaine voisine, dirigées parallèlement aux stries glaciaires, par conséquent parallèles au cours du glacier, a été traitée fort différemment par les divers géologues qui s'en sont occupés. M. Forel accepte l'interprétation de M. le professeur G. de Geer qui en fait des deltas sous-marins du torrent glaciaire, dans un glacier en phase de décrue.

Mais il complète cette explication en faisant intervenir la différence de densité entre l'eau douce du torrent sous-glaciaire et l'eau salée de la mer dans laquelle le glacier se déversait. Même en admettant que l'eau douce du torrent glaciaire fût chargée d'alluvion et par conséquent de densité fort alourdie, même en admettant que l'eau de mer fût diluée par l'eau de fusion des glaciers et par conséquent de densité fort allégée, la première étant encore plus légère que la seconde devait s'élever jusqu'à la surface de la mer, et le torrent sous-glaciaire pouvait bâtir son delta jusqu'à la très grande hauteur au-dessus de la plaine où nous retrouvons son sommet. L'eau du torrent glaciaire, en s'élevant ainsi à la surface de la mer suivant la ligne de plus grande pente, devait attaquer la glace, soit par sa température légèrement

supérieure à zéro, soit par les frottements de l'alluvion qu'elle charriait; elle devait creuser une gorge étroite, ouverte par en bas, un *canion* renversé, avec un toit et des parois latérales de glace. L'alluvion devait se déposer d'abord dans ce canal et le remplir de ses couches sableuses et graviéreuses. Plus tard, lorsque le corps du glacier fondait, les dépôts fluvio-glaciaires n'étant plus soutenus latéralement par les murailles de glace, s'écroulaient en talus d'éboulement sous-marins.

Ainsi s'explique l'étroitesse extraordinaire des osars.

M. Louis Benoit, professeur, parle d'une *propriété particulière du trapèze.*

M. Delessert-de Mollins fait part de l'*observation d'un magnifique bolide* dont il a été témoin le 19 novembre dernier, à 7 heures $^3/_4$ du soir.

Ce brillant météore, d'une éclatante blancheur, apparent un peu au-dessous du zénith et se dirigeant de l'ouest au nord-est, entre la Grande-Ourse et Cassiopée, alla disparaître du côté de Mon-Repos.

Le phénomène avait duré deux secondes environ, sans production de bruit ni de traînée lumineuse.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JANVIER 1898

Le 1er, brouillard enveloppant jusqu'à midi; légère éclaircie pendant la soirée.
2, ciel couvert avec légère bise; halo lunaire à 9 h. du soir.
3, brouillard enveloppant le matin et pendant la soirée.
4 et 5, brouillard enveloppant pendant toute la journée; léger givre le 5 au matin.
6, givre le matin; légère pluie à 9 h. du soir.
7, pluie jusqu'à 4 h. du soir, puis brouillard enveloppant.
8, légère pluie pendant la soirée.
9 et 10, ciel couvert pendant tout le jour.
11, brouillard enveloppant le matin et le soir; éclaircie dans l'après-midi.
12, brouillard le matin.
13, brouillard enveloppant le matin et depuis 4 h. du soir.
14, brouillard enveloppant jusqu'à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.
Du 15 au 19, brouillard pendant tout le jour.
Les 20 et 21, brouillard enveloppant le matin et le soir; éclaircie dans l'après-midi.
22, brouillard enveloppant pendant tout le jour; gelée blanche le matin.
23, ciel clair ou légèrement nuageux; 6 h. 5 m. de soleil; gelée blanche le matin et le soir.
24, très forte gelée blanche le matin; brouillard enveloppant jusqu'à 1 h. du soir; bruine pendant la journée.
25, brouillard bas le matin, puis soleil pendant le reste du jour; durée de l'insolation : 7 h. 15 m.
26, légère gelée blanche le matin; brouillard enveloppant le matin et le soir.
27 et 28, brouillard enveloppant et bruine pendant tout le jour.
29, brouillard jusqu'à midi; ciel clair pendant le reste du jour.
30, très forte gelée blanche le matin; brouillard enveloppant toute la journée; givre.
31, ciel couvert; vent du sud. De 10 h. du matin à 1 h. du soir, arc-en-ciel intermittent. Couronne lunaire pendant la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 11 h. soir	716,82	Le 1er à 2 h. soir	712,72
4 à 9 h. matin	740,33	4 à 11 h. soir	736,80
9 à 11 h. soir	728,00	9 à 6 h. matin	724,30
12 à 11 h. soir	741,35	13 à 4 h. soir	739,00
17 à minuit	741,00	16 à 2 h. soir	740,20
19 à 10 h. matin	741,19	21 à 3 h. soir	738,30
25 à 10 h. matin	736,34	25 à 4 h. soir	733,96
28 à 11 h. soir	741,61	29 à 3 h matin	741,54
30 à 10 h. matin	743,83	31 à 3 h. soir	737,44

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Observ. MM.	SÉCHERON Ph. Plantamour	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLOGNY R. Gautier	JUSSY M. Micheli	OBSERVAT.	COMPESIERES Pellegrin	ATHENAZ J.-J. Decor	SATIGNY P. Pelletier
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Total...	....	12.3	13.4	17.0	14.0	15.5	14.5	14.5

Durée totale de l'insolation à Jussy : 39h 55m.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en milliè m. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation Dur. en heures	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	+ °	°	cm
1	714,55	−13,27	712,72	716,82	+ 1,11	+ 1,32	− 1,5	+ 3,7	950	+ 85	890	1000	0,3	1	SW. 1	3,3	0,95	0,0	....	.....	113,0
2	724,03	− 3,81	718,12	729,67	+ 4,90	+ 5,14	+ 0,1	+ 6,9	861	− 4	690	970	...	..	N. 1	4,8	0,98	0,0	....	.....	108,5
3	734,32	+ 6,46	729,92	737,43	+ 2,42	+ 2,68	− 0,2	+ 4,8	915	+ 50	830	980	...	..	calme	1,9	1,00	0,0	5,7	+ 0,3	109,7
4	737,95	+10,08	736,80	740,33	− 0,76	− 0,48	− 2,2	+ 2,4	980	+ 15	940	1000	...	..	calme	2,3	1,00	0,0	5,8	+ 0,5	109,5
5	734,65	+ 6,77	733,10	737,14	− 2,55	− 2,26	− 4,2	− 0,2	981	+ 16	850	1000	...	..	calme	1,5	1,00	0,0	5,2	− 0,1	107,1
6	731,06	+ 3,46	729,21	733,40	+ 1,44	+ 1,75	− 3,1	+ 6,0	903	+ 38	760	1000	0,8	2	var.	2,1	0,75	1,9	5,0	− 0,3	106,5
7	729,15	+ 1,24	728,40	729,91	+ 4,89	+ 5,21	+ 3,8	+ 7,2	974	+109	950	1000	11,9	14	calme	1,3	1,00	0,0	5,8	+ 0,6	106,8
8	727,86	− 0,05	725,83	729,81	+ 5,29	+ 5,61	+ 4,5	+ 7,2	950	+ 85	880	1000	0,8	1	calme	1,0	1,00	0,0	5,4	+ 0,2	108,7
9	725,60	− 2,32	724,30	728,00	+ 5,29	+ 5,61	+ 4,5	+ 6,4	915	+ 51	860	950	...	..	var.	2,3	1,00	0,0	....	.....	106,0
10	730,47	+ 2,55	727,95	732,86	+ 3,82	+ 4,14	+ 2,3	+ 5,5	937	+ 73	870	980	...	..	NE. 1	3,1	0,98	0,0	6,0	+ 0,9	107,3
11	735,85	+ 7,93	732,99	738,55	+ 4,92	+ 5,24	+ 3,5	+ 9,4	929	+ 65	860	970	...	..	calme	0,6	0,87	1,6	5,9	+ 0,8	109,2
12	740,18	+12,26	738,65	741,35	+ 4,72	+ 5,03	+ 3,8	+ 6,9	875	+ 12	820	930	...	..	NNE. 1	7,1	0,95	1,8	5,7	+ 0,6	106,5
13	739,90	+11,98	739,00	741,17	+ 2,98	+ 3,28	+ 2,0	+ 4,4	784	− 79	730	830	...	..	NNE. 1	11,3	1,00	0,0	6,0	+ 1,0	106,0
14	738,86	+10,95	738,24	739,26	+ 1,59	+ 1,88	− 0,5	+ 5,0	844	− 18	780	920	...	..	var.	4,2	0,80	1,4	6,0	+ 1,0	105,3
15	739,63	+11,73	739,02	740,54	+ 0,62	+ 0,89	− 0,6	+ 2,3	945	+ 83	890	1000	...	..	var.	2,3	1,00	0,0	5,8	+ 0,8	103,5
16	740,71	+12,82	740,20	741,35	− 1,00	− 0,75	− 1,5	+ 0,4	980	+119	940	1000	...	..	calme	4,0	1,00	0,0	....	.....	105,0
17	739,87	+11,99	739,00	741,00	− 1,64	− 1,41	− 2,4	− 0,3	975	+114	920	1000	...	..	var.	3,1	1,00	0,0	5,6	+ 0,7	104,0
18	739,67	+11,80	739,10	740,74	− 2,01	− 1,81	− 3,0	− 0,8	960	+100	920	980	...	..	calme	2,9	1,00	0,0	5,6	+ 0,7	102,2
19	740,43	+12,58	739,65	741,19	− 2,26	− 2,08	− 3,4	− 0,3	952	+ 93	900	980	...	..	SW. 1	3,3	1,00	0,0	5,5	+ 0,6	99,7
20	739,43	+11,60	738,40	740,49	− 2,06	− 1,92	− 3,8	+ 1,9	941	+ 83	830	1000	...	..	E. 1	3,1	0,82	2,1	5,4	+ 0,5	96,5
21	739,07	+11,26	738,30	739,77	− 2,36	− 2,25	− 4,4	+ 1,7	931	+ 73	830	980	...	..	E. 1	4,0	0,68	3,0	5,5	+ 0,6	98,2
22	738,75	+10,96	737,84	739,74	− 2,35	− 2,28	− 4,0	+ 0,9	938	+ 81	870	980	...	..	SW. 1	4,0	0,95	0,0	5,2	+ 0,4	96,0
23	737,57	+ 9,80	736,45	738,42	+ 1,68	+ 1,71	− 3,6	+10,6	831	− 25	620	930	...	..	var.	5,0	0,25	6,1	....	.....	96,0
24	737,43	+ 9,69	736,25	738,52	+ 0,40	+ 0,39	− 1,8	+ 2,8	913	+ 58	820	960	0,1	..	var.	2,3	1,00	0,0	5,4	+ 0,6	97,4
25	735,35	+ 7,64	733,96	736,34	+ 2,62	+ 2,56	− 0,4	+ 6,4	812	− 42	610	990	...	..	NNE. 1	3,8	0,45	7,2	5,5	+ 0,7	97,6
26	735,98	+ 8,30	734,87	736,80	+ 1,58	+ 1,48	− 1,2	+ 3,8	847	− 6	770	920	...	..	var.	2,9	1,00	0,0	5,6	+ 0,8	96,0
27	737,65	+10,00	736,94	738,80	+ 1,29	+ 1,14	− 0,1	+ 3,8	908	+ 57	850	1000	...	..	SW. 1	2,9	0,85	1,0	5,3	+ 0,5	94,6
28	740,08	+12,47	738,74	741,61	+ 1,35	+ 1,44	0,0	+ 2,9	904	+ 54	780	990	0,1	..	var.	2,5	1,00	0,0	5,4	+ 0,6	94,5
29	742,75	+15,18	741,54	743,80	+ 1,52	+ 1,26	− 1,6	+ 5,1	820	− 29	740	940	...	..	NE. 1	1,2	0,52	1,7	5,6	+ 0,8	94,8
30	742,64	+15,11	740,44	743,83	− 2,40	− 2,72	− 5,2	0,0	986	+138	960	1000	...	..	calme	2,1	1,00	0,0	....	.....	93,0
31	738,63	+11,14	737,44	740,24	+ 5,04	+ 4,66	− 0,8	+10,0	764	− 82	540	920	0,0	..	SSW. 1	5,8	0,98	0,7	5,5	+ 0,7	90,5
Mois	735,81	+ 8,44			+ 1,29	+ 1,37			910	+ 53						3,29	0,89		5,58	+0,47	102,24

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1898

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,46	728,64	728,68	729,40	728,51	728,70	729,42	729,90
2e »	732,29	739,34	739,40	740,05	739,14	738,98	739,50	739,92
3e »	738,77	738,66	738,73	739,15	738,60	738,16	738,77	738,91
Mois	735,61	735,65	735,70	736,30	735,52	735,37	735,99	736,33

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 2,06	+ 1,94	+ 1,41	+ 2,03	+ 3,83	+ 3,93	+ 3,16	+ 2,32
2e »	+ 0,40	+ 0,10	− 0,04	+ 0,31	+ 1,54	+ 1,69	+ 0,54	+ 0,15
3e »	− 0,74	− 1,05	− 1,13	+ 0,56	+ 3,02	+ 3,18	+ 1,62	+ 0,62
Mois	+ 0,53	+ 0,28	+ 0,04	+ 0,96	+ 2,80	+ 2,94	+ 1,77	+ 1,02

Fraction de saturation en millièmes.

1re décade	941	933	968	952	896	902	954	947
2e »	940	942	947	927	879	862	918	933
3e »	933	933	939	871	803	788	851	904
Mois	938	937	951	915	857	849	906	927

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°	°		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	+ 0,40	+ 4,99	+ 5,56	0,97	1,0	2,36	13,8	108,31
2e »	− 0,79	+ 2,89	+ 5,72	0,94	6,9	4,19	...	103,79
3e »	− 2,10	+ 4,36	+ 5,44	0,76	19,7	3,32	0,2	95,33
Mois	− 0,87	+ 4,09	+ 5,58	0,89	27,6	3,29	14,0	102,24

Dans ce mois l'air a été calme 64,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 2,33 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 70°,8 E. et son intensité est égale à 14,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1898.

Le 1er, brouillard pendant toute la journée.
2, brouillard jusqu'à 10 h. du matin; neige à 4 h. du soir; éclaircie pendant la soirée.
Du 3 au 6, ciel clair pendant toute la journée.
Le 7, brouillard toute la journée; neige à 1 h. et à 7 h. du soir.
8, brouillard depuis 4 h. du soir.
9, brouillard le matin; neige à 1 h. du soir.
10, brouillard le matin.
11 et 12, ciel clair pendant tout le jour.
13, assez fort vent à 10 h. du soir.
14, ciel clair pendant tout le jour.
Du 16 au 30, ciel clair pendant toute la journée; assez forte bise le 24.
Le 31, forte bise; ciel nuageux à couvert.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 11 h. soir	556.40	Le 1er à 3 h. soir	554.75
4 à 11 h matin	573.05	4 à minuit	571.20
9 à 11 h. soir	565,15	9 à 7 h. matin	562 60
12 à 11 h soir	574,75	11 à 1 h. matin	567.75
15 à 10 h. soir	574,91	15 à 1 h. matin	574.10
18 à 11 h. soir	573,15	18 à 4 h. matin	572.00
22 à minuit	572,15	20 à 3 h. soir	571.50
25 à 11 h. soir	568,90	25 à 4 h. matin	567.25
30 à minuit	576,95	30 à 11 h. soir	574.40

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1898

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim	millim	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	555.41	— 5,95	554,75	556,40	— 7,78	+ 0,83	—10,0	— 6,8	.....	.....	....	SW. 2	1.00
2	559,62	— 1,71	556 65	564,40	— 6.75	+ 1,89	— 8,0	— 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0.77
3	568,47	+ 7,16	564,95	571,25	— 7,23	+ 1,44	— 9,3	— 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0 00
4	572.12	+10,83	571,20	573,05	— 4,52	+ 4,18	— 8,0	+ 1,9	.....	.....	....	NE. 1	0 02
5	570,84	+ 9.57	570.25	572,00	— 0,43	+ 8 30	— 3,3	+ 4,5	.....	.....	....	NE. 1	0 07
6	569,50	+ 8,25	567.90	570.30	+ 1,42	+10,19	— 0,9	+ 4.5	.....	.....	....	NE. 1	0 17
7	565.76	+ 4,53	565,09	567,45	— 1,68	+ 7,12	— 3,1	+ 2,2	.....	.....	....	NE. 1	1,00
8	564.87	+ 3,66	563,45	565,62	— 2.82	+ 6,01	— 4,7	— 1,2	.....	.....	....	SW. 1	0.65
9	563.48	+ 2.30	562,60	565,15	— 5,08	+ 3,77	— 5,3	— 1,0	.....	.....	....	NE. 1	0 85
10	566.37	+ 5,22	565.20	568.00	— 6,20	+ 2,67	— 7,4	— 3,7	.....	.....	....	NE. 1	0.48
11	570,02	+ 8.90	567 75	572,70	— 5.43	+ 3,46	— 7,4	— 2,9	.....	.....	....	NE. 1	0,0[illegible]
12	574,03	+12.93	572,95	574,75	— 4.47	+ 4,44	— 7,0	+ 0,2	.....	.....	....	SW. 1	0,00
13	574,24	+13,17	573,35	574,70	— 3,22	+ 5,71	— 5,0	+ 0,7	.....	.....	....	SW. 1	0.30
14	574,21	+13,17	573,90	574,75	— 5,00	+ 3,95	— 5 8	— 3,5	.....	.....	....	SW. 1	0.07
15	574.49	+13,48	574,10	574,91	— 4.05	+ 4,92	— 6.0	— 2.3	.....	.....	....	SW. 1	0.30
16	574,39	+13,41	573.80	574,80	— 4,27	+ 4,72	— 6,0	+ 1,7	.....	.....	....	SW. 1	0.02
17	572.71	+11,76	572,22	573,80	— 4,55	+ 4,46	— 6,0	— 0.5	.....	.....	....	SW. 1	0 00
18	572.59	+11,67	572,00	573.15	— 5,05	+ 3,97	— 7,0	— 1,1	.....	.....	....	SW. 1	0.00
19	572.91	+12,02	572.60	573,20	— 4,18	+ 4.85	— 8,2	— 0,9	.....	.....	....	SW. 1	0.00
20	571,98	+11,12	571 50	572,55	— 4.70	+ 4,34	— 7,0	+ 0,7	.....	.....	....	SW. 1	0 00
21	571.98	+11,16	571,60	572,35	— 4,22	+ 4,83	— 6,6	— 0,9	.....	.....	....	SW. 1	0.00
22	571,68	+10,89	571,15	572,15	— 2,85	+ 6,21	— 5,3	+ 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0 00
23	570.04	+ 9 28	569,20	571,20	— 5.68	+ 3,39	— 8,6	— 2,3	.....	.....	....	NE. 1	0.03
24	568.84	+ 8,41	567,67	570 60	— 5,27	+ 3,80	— 8,0	— 2,3	.....	.....	....	NE. 2	0,05
25	568,36	+ 7,67	567,25	568 90	— 3,32	+ 5.76	— 7,0	— 1,1	.....	.....	....	NE. 1	0.03
26	569.36	+ 8,71	568,75	569.73	— 3,52	+ 5,56	— 7,4	0,0	.....	.....	....	NE. 1	0.00
27	570.24	+ 9,63	569,65	571,50	— 4,58	+ 4,50	— 7,3	— 1,3	.....	.....	....	NE. 1	0.02
28	572.37	+11,80	571,45	574,10	— 2,72	+ 6,36	— 5,8	— 1,1	.....	.....	....	NE. 1	0,00
29	575.42	+14,88	574,25	576.80	— 1,18	+ 7,90	— 2 9	+ 2,3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
30	575,87	+15,36	574,40	576 95	— 1,92	+ 7,15	— 4,0	+ 0.6	.....	.....	....	NE. 1	0 20
31	570.25	+ 9,77	568.00	574 00	— 4.62	+ 4,45	— 8,0	+ 0,2	.....	.....	....	NE. 2	0 43
Mois	570.08	+ 9,59			— 4,06	+ 4,98							0 21

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1898.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	565,16	565,27	565,29	565,78	565,51	565,72	566,08	566,36
2e » ...	572,94	572,94	573,00	573,35	573,11	573,06	573,35	573,50
3 » ...	571,55	571,24	571,28	571,51	571,12	571,09	571,33	571,36
Mois ...	569,94	569,86	569,90	570,25	569,95	569,99	570,29	570,44

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 4,69	— 3,92	— 2,79	— 3,50	— 4,03	— 4,30
2e » ...	— 5,61	— 4,96	— 2,17	— 3,41	— 4,62	— 4,76
3e » ...	— 4,72	- 2,96	— 1,10	— 2,95	— 4,08	— 4,52
Mois.....	— 5,00	— 3,92	— 1,99	— 3,27	— 4,24	— 4,53

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 6,00	— 0,81	0,50	....	....
2e » ...	— 6,54	— 0,79	0,07	....	....
3e » ...	— 6,45	— 0,37	0,07	....	....
Mois.....	— 6,33	— 0,65	0,21	....	....

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 1,61 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 25,8 sur 100.





CARTE SISMIQUE DES ETATS-UNIS par F. de Montessus de Ballore.

LES
ÉTATS-UNIS SISMIQUES

PAR

F. DE MONTESSUS DE BALLORE

(Avec la planche III.)

Les études sismiques ont jusqu'à présent été assez peu suivies dans l'immense surface dont il s'agit malgré la haute culture intellectuelle du pays et les grands progrès qu'il a fait faire à plusieurs branches des connaissances humaines, mais non en sismologie. Cependant les désastres sismiques assez fréquents sur la côte du Pacifique et le fameux tremblement (1811) du bassin du Mississipi moyen auraient dû inciter les savants Yankees à s'occuper des tremblements de terre plus qu'ils ne l'ont fait jusqu'à présent. Rockwood s'est bien attaché pendant plusieurs années à recueillir le plus grand nombre possible d'observations, mais ses moyens d'investigation ont été insuffisants, et en définitive ses séries sont restées de l'ordre historique. On a cependant d'assez bonnes séries sismologiques pour la Californie et la Nouvelle-Angleterre. Des appareils sismographiques fonctionnent à l'observatoire Lick du Mont-Hamilton. Les séries historiques utilisées ont une valeur très inégale en rapport avec le plus ou moins d'ancienneté de pénétration des régions

correspondantes. Les îles Aléoutes et l'Alaska, appartenant aux Etats-Unis depuis 1867, et les îles Hawaï qui semblent devoir bientôt faire partie de l'Union, figurent dans cette monographie, pour laquelle on a utilisé 5121 séismes ressentis en 588 localités, réparties en 14 régions (15 localités et 38 séismes mal déterminés).

Passons à la description successive des régions.

I. Iles Hawaï ou Sandwich.

18 localités et 778 séismes. La sismicité particulière de l'île Hawaï est de 36,89 km. Elle résulte des 31 années (1843-1874) d'observations de mistress Lymann à Hilo. Les éruptions de cette île sont particulièrement célèbres. Quant aux tremblements de terre non volcaniques, ils sont d'une fréquence assez grande, 13 par an, mais d'une intensité généralement plutôt faible.

1	Hilo	311	10	Kohala	2
2	Christchurch	299	11	Maïu	»
3	Ile Hawaï ou Owyhee	60	12	Malika	»
4	Kapapala	43	13	Akalea	1
5	Kona	23	14	Kalea (Ile Oahu)	»
	Iles Sandwich	11	15	Kau	»
6	Honolulu	10	16	Oahu (Ile)	»
7	Kawaikae	4	17	Stana et Koolau (île Oahu)	»
8	Mauna-Loa	»			
9	Kilauea	2			

II. Californie centrale.

90 localités et 642 séismes. S = 76,13 km. (1860-1869; 1887-89).

Cette région a pour limites : le littoral de l'angle nord de la baie de Monterey à Crescent City ; les hauteurs de la rive droite de la Smiths River et de la Klamath jusqu'au

défilé de cette dernière au travers de la Cordillière au sud-est du Pilot Rock; la Cordillière jusqu'au Minaret; la ligne de partage entre le bassin du lac Tulare et le désert de San-Bernardino; enfin la Coast Range au Sierra del Diablo. Les parties les plus instables sont les environs de la baie de San-Francisco, ceux de la baie de Monterey, le moyen Sacramento, et le versant occidental de la grande Cordillière de Quincy à Jackson, c'est-à-dire les parties hautes des comtés Plumas, Sierra, Nevada, Placer, El Dorado, Amador, Calavera et Alpine. Les observations sismographiques de l'observatoire Lick du Mont-Hamilton ne pourraient donner qu'une caractéristique locale. Des tremblements désastreux se font sentir dans la baie de San-Francisco et dans les parties basses des Rios San-Joaquim et Sacramento. Depuis celui de 1868 on en tient compte à San-Francisco dans l'art des constructions.

1	San-Francisco	389	20	Alameda	4
2	Haywards	45	21	Berkeley	»
3	Mount Hamilton (obs. Lick)	25	22	Haute-Californie	»
4	Oakland	»	23	Downieville	»
5	José (S.)	21	24	Plaines du Rio San-Joaquim	»
6	Visalia	14	25	Millerton	»
7	Sª-Cruz	11	26	Nevada City	»
	Californie centrale	10	27	Antioch	3
8	Côte sud de la baie de San-Francisco	9	28	Forest City	»
9	Tuolumne	»	29	NE de la baie de San-Francisco	3
10	Mariposa	8	30	Marysville	»
11	Sacramento	»	31	Redwood City	»
12	Baie de San Francisco	»	32	Shasta	»
13	Santa-Clara	7	33	Bakersville	2
14	Dolores Misinò	6	34	Centreville	»
15	George Town	6	35	Dixon	»
16	Red-Bluff	»	36	Bas Rio San-Joaquim	»
17	Grass Valley	5	37	Leandro (San)	»
	Nevada (Etat.)	»	38	Mateo (San)	»
18	Stockton	»	39	Merced Falls	»
19	Tejon (fort)	»	40	Pacheco	»

41	Point (fort. San-Francisco	2
42	Quincy	»
43	Sacramento (Bas Rio)	»
44	» (Moyen Rio)	»
45	» et San-Joaquim (Rios)	»
46	Abbey hoose	1
47	Alameda County	»
48	Alpine County	»
49	Amador County	»
50	Bear Valley	»
51	Benicia	»
52	Charleston	»
53	Chico	»
54	Clear Lake	»
55	Collinsville	»
56	(S^a) Cruz County	»
57	S.-Francisco (E de la baie de —)	»
58	Fresno City	»
59	Fresno County	»
60	Gibsonville	»
61	Half-moon-bay	»
62	Jackson	»
63	Joaquim (haut Rio San —)	»
64	Kanaka Flat (Sierra County)	1
65	Kern County	»
66	Lagoon	»
67	Lake County	»
68	Livermore	»
69	Mare Island	»
70	Martinez	»
71	Mayfield	»
72	Merced lake	»
73	Miller fort	»
74	Newton Copper Mine	»
75	Placerville	»
76	Placer Coonty	»
77	Porte (la —)	»
78	Port Wine	»
79	Putah Creek (Vallée de la —)	»
80	Rabbit Creek	»
81	Sierra County	»
82	Sierra Valley	»
83	Sutter County	»
84	Tulare County	»
85	Vacaville	»
86	Yosemity Valley	»
87	Yuba City	»
88	Wolfcreek	»

Californie.
S = 84,45 km.

III. Californie méridionale.

48 localités et 512 séismes. S = 87,07 km. (1848-1857, 1878-1887).

Cette région a pour limites : le littoral depuis le nord de la baie de Monterey jusqu'à San-Argüello, la frontière mexicaine jusqu'à Fort Yuma; la Cordillière côtière (Chocolate mountains, San Bernardino Range et Sierra del Diablo). Les parties les moins stables sont par ordre d'importance les environs de Los Angeles (Bahia Ona et Bahia de los temblores), la baie de Monterey et la basse vallée du Rio Salinas, la côte du canal de Santa-Barbara

et les environs de San-Diego. On connaît quelques désastres dans les 3 premières sous-régions.

	Californie méridionale	177	23	Cajon (fort)	2
1	Los Angeles	67	24	Gorgonia (Santa)	»
2	Santa-Barbara	43	25	Hollister	»
3	San-Juan	38	26	Miguel (San)	»
4	San-Diego	30	27	Paso Robles	»
5	San-Luis Obispo	21	28	Poway	»
6	San-Felipe	14	29	Salinas (vallée du Rio)	»
7	Monterey	»	30	Ana (Santa)	1
8	San-Simeon	12	31	Arroyo grande	»
9	Salinas	9	32	Benito (Bas Rio San)	»
10	Campo	8	33	Buenaventura (Santa)	»
11	Bernardino (San)	5	34	Carrizo Creek	»
12	Diego (San County)	»	35	Castroville	»
13	Gabriel (San)	»	36	Catalina (île Santa)	»
14	Gilroy	»	37	Fernando (San)	»
15	Juan (San) Capistrano	»	38	Full Brook	»
16	Monterey (côtes de la baie de)	»	39	Izabel (Santa)	»
17	Watsonville	4	40	Lockwood Valley	»
18	Diego (sud du Comté de San)	3	41	Lompoc	»
19	Temecula	»	42	Lorenzo (San)	»
20	Angeles (côtes du Comté de Los)	»	43	Luis Obispo County (San)	»
21	Benedict Cañon	2	44	Monica (Sierra de la —)	»
22	Benito (San County)	»	45	Monte	»
			46	New-River station	»
			47	Pinos Cape	»

IV. Nouvelle-Angleterre.

105 localités et 478 séismes. S = 90 km. (1727-1741, 1791-1794, 1876-1885).

Cette région a pour limites : le 45me parallèle de la baie Cobscook au mont Sadleback : une ligne conventionnelle qui va rejoindre à l'est du lac Champlain le mont Mannsfield ; les chaînes des monts Green jusqu'au mont Lock ; une ligne conventionnelle qui embrasse l'estuaire de l'Hudson : le littoral de la baie Raritan (New-Jersey) à celle de Cobscook (Maine). Les centres d'ébranlement se répartissent assez régulièrement sur toute

cette surface, où les séismes n'atteignent d'ailleurs jamais une bien grande intensité. A signaler surtout comme parties plus instables les côtes du golfe de Boston et celles du Long Island canal.

1	East Haddam	145
2	Newburyport	84
	Nouvelle Angleterre	46
3	Boston	26
4	Deerfield	10
5	Contoocook	8
6	New-York	»
7	Portland	7
8	Maine	6
	Connecticut et Rhode Island	5
	Maine et Nouveau-Brunswick	»
9	New-Hampshire	»
10	Portsmouth	»
11	Cambridge	4
12	Wolfsborough	»
13	Laconia	3
14	Long Island	»
15	New-Haven	»
16	Augusta	2
17	Bangor	»
18	Bloomfield	»
19	Connecticut	»
20	Cornish	»
21	East Port	»
22	Hartford	»
23	Judith Point	»
24	Keene	»
25	Lancaster	»
26	New-Hampshire sud	»
27	New-Jersey	»
28	Newport	»
29	Palmer	»
30	Salem	»
31	Angleterre (Nouvelle) SE	1
32	Barrington	»
33	Belfast	»
34	Brooklyn	»
35	Brudsort	»
36	Cambden	»
37	Central Harbour	»
38	Colchester	»
39	Coos	1
40	Dorchester	»
41	Dover	»
42	East Greenwich	»
43	Essex County	»
44	Fairfield	»
45	Flushing	»
46	French mountain	»
47	Goshen	»
48	Grönland et Stratham	
49	Groton	»
50	Guilford	»
51	Henniker	»
52	Hopkinton	»
53	Hudson (Bas —)	»
54	Lebanon	»
55	Lemington	»
56	Lincolnville	»
57	Lisbon	»
	Long et Staten Islands	»
58	Maine (côte SW)	»
59	Massachussets	»
60	» NE	»
	» et New-Hampshire	»
	» et Rhode Island	»
61	Machias	»
62	Meredith	»
63	Middlesex County	»
64	Milford	»
65	Nashua	»
66	New-Bedford	»
	New-Hampshire et Canada	»
67	New-London	»
68	New-Jersey Nord	»
69	New-Market	»
63'	New-Newton	»
64'	New-York (SW de l'état de —)	»
65'	Northampton	»
66'	North-Salem	»
67'	Peckshill	»

68'	Petersborough	1
69'	Plymouth	»
70	Port-Jefferson	»
71	Princeton	»
72	Reading	»
73	Rhode Island	»
74	Richmond (Maine)	»
75	Rockland (Thomastown)	»
76	Roxbury	»
77	Rye	»
	Salem et Newburyport	»
78	Sandyhook	1
79	Springfield	»
80	Staten Island	
81	Tuckermut	»
82	Turner's Fall	»
83	Westfield	»
84	Weston	»
85	Windsor	°
86	Woburn	»
87	Madison	»

Littoral Californien. S = 99,1 km.

V. Washington.

14 localités et 51 séismes. S = 118 km. (1877-1885).

Cette région comprend la chaîne volcanique entre les monts Baker et Hood, et occupe l'angle NW de l'état de Washington et l'est de l'île anglaise de Vancouver (les séismes ressentis dans cette dernière partie ont été reportés à la monographie sismique de l'empire colonial britannique). Limites : une ligne conventionnelle qui partant de l'île Tatoosh suit le détroit de Juan de Fuca, embrasse la côte orientale de l'île Vancouver et suit la frontière des Etats-Unis et de la Colombie britannique jusqu'à sa rencontre avec la grande Cordillière au mont Chichchehum ; cette chaîne jusqu'au mont Hood ; une ligne conventionnelle qui laissant la Columbia au nord va couper cette rivière au sommet de son estuaire en amont de Cathlamet et rejoint l'île Tatoosh par l'Olympia Range en touchant à Coburg les ramifications méridionales de la baie de l'amirauté. La côte orientale de cette baie est la partie la moins stable de la région, ainsi que la côte orientale de Vancouver.

1	Portland	11	7	Washington NW	2
2	Bainbridge Islan	10	8	Mulkiten et Tulalip Reservations	1
3	Olympia	9		Washington	»
4	Puget Sound	5	9	Marshfield	»
	Ile Vancouver et Washington NW	4	10	Rainier (Mount)	»
5	Tacoma	2	11	Tatoosh (I.)	»
6	Towsend (Port)	»	12	Thorne's Creek	»

VI. Californie septentrionale.

36 localités et 123 séismes. S = 118,6 km. (1877-1885).

Cette région a pour limites : le littoral de la baie de San-Francisco à Crescent City ; le bassin inférieur de la Smith's River ; les hauteurs de la rive droite de la Klamath jusqu'à son défilé dans la grande Cordillière ; la Cordillière côtière (Coast Range) jusqu'à l'embouchure du Sacramento dans la baie de San-Francisco à Vallejo. Les environs de la baie de San-Francisco et la côte du cap Mendocino à la baie de Humboldt, aussi bien en mer que dans la partie inférieure de la rivière Eel, sont les parties les moins stables. Il est probable que le littoral entre cette région et le Washington possède la même sismicité, mais faute de documents l'on ne peut rien affirmer.

1	Napa	10	14	Humboldt City	3
2	Petaluma	»	15	Sonoma County	»
3	Dry Creek	9	16	Yreka	»
4	Humboldt-Bay	»	17	Arena Point	2
5	Mendocino Cape (en mer, au large du —)	8	18	Calistoga	»
6	Eureka	7	19	Canal Gulches	»
7	Mendocino	6	20	Humboldt County	»
8	Mendocino Cape	»	21	Humboldt Phare	»
9	Santa Rosa	»	22	San-Rafael	»
10	Ukiah	»	23	Anderson	1
11	Côte nord de la baie de San-Francisco	4	24	Bragg Fort	»
12	Healdsburg	»	25	Bucksport	»
13	Eel (Basse)	3	26	Cloverdale	»
			27	Crescent City	»
			28	Fiske's Mill	»

29	Geyser Springs	1	34	Trinity et Sacramento (hautes vallées)	1
30	Sancelito	»	35	Yountville	»
31	Sonoma	»	36	Weaverville	»
32	Trinity County	»			
33	Trinity (haute vallée de la —)	»			

Versant oriental des Alleghanys. S = 154 km.

VII. Les Carolines.

56 localités et 160 séismes. S = 313 km. (1849-1861, 1874-1886).

Limites : au nord une ligne conventionnelle qui partant de la baie Raritan va rejoindre le Blue Ridge en embrassant les estuaires de la Delaware, de la Susquehannah et du Potomac ; à l'ouest les hauteurs appelées Blue Ridge jusqu'aux Black Mountains, et une ligne de même direction jusqu'à Macon ; au sud une ligne rejoignant le littoral près de Savannah et embrassant le bassin de la rivière de même nom : à l'est la côte de Savannah à Long Branch. Summerville et Charleston sont sismiquement célèbres par la catastrophe de 1886, si magistralement étudiée par Dutton, et qui a conduit ce savant officier à la meilleure détermination faite jusqu'à présent de la vitesse de propagation des tremblements de terre, et à la découverte si importante de la courbe appelée indicatrice, dont la connaissance est si utile à la détermination de la profondeur du centre d'ébranlement.

1	Summerville	19	8	Géorgie	5
2	Charleston	17	9	Virginie	»
3	Caroline du sud	10	10	Alleghanys (versant sud des —)	4
4	Deerfield	»	11	Baltimore	»
5	Summerville et Charleston	8	12	Savannah	»
6	Philadelphie	7	13	Annapolis	3
7	Washington	6	14	Milledgville	»

15	Richmond	3	36	Greensborough	1
16	Antrim	2	37	Jame's River	»
17	Augusta	»	38	Lookout (Cap)	»
18	Burlington	»	39	Louisa	»
19	Clinton	»	40	Lynchburg	»
20	Columbia	»	41	New-Bern	»
21	Frederick	»	42	Norfolk	»
22	Macon	»	43	Ogreeta	»
23	Maryland	»	44	Oxford	»
24	New-Jersey sud	»	45	Petersburg	»
25	Trenton	»	46	Raleigh	»
26	Wilmington	»	47	Sandersville	»
27	Accomac	1	48	Smithville	»
28	Aiken	»	49	Snowhill	»
29	Ashland	»	50	Tom's River	»
30	Cecil County	»	51	Villanow	»
31	Charlotte	»	52	Yonah Mountains	»
32	Delaware (Basse —)	»	53	Wayne County	»
33	Farmville	»	54	Winchester	»
34	Fincastle	»	55	Winnsborough	»
35	George's Prince Coonty	»	56	Woodstock	»

VIII. Erié et Ontario.

32 localités et 55 séismes. S = 345 km. (1844-1860, 1865-1873, 1877-1885).

Limites : les deux lacs Erié et Ontario d'Elyria au Saint-Laurent ; ce fleuve jusqu'au 45me parallèle et ce parallèle ; une ligne conventionnelle rejoignant les monts Green au mont Mannsfield ; la limite occidentale de la Nouvelle-Angleterre sismique jusqu'à l'extrémité sud des monts Hoosac ; une ligne conventionnelle jusqu'à Pittsburg ; le parallèle 42°20' jusqu'à Hillbuck (Ohio) ; enfin le 82me méridien (Gr.) jusqu'à l'ouest de Cleveland. La partie la plus ébranlée de ce territoire se trouve dans l'ouest de l'état de New-York, entre Syracuse et le Niagara.

	Nord de l'état de New-York et Canada	13	3	Nord de l'état de New-York	3
1	Rochester	4	4	Addison	2
2	Buffalo	3	5	Garretsville	»

6	Ogdensburg	2	19	Columbia (County)	1
7	Onondaga	»	20	Elmira	»
8	Shenectady	»	21	Erié	»
9	Albany	1	22	Glen's Fall	»
10	Amsterdam	»	23	Hevelton	»
11	Ashtabula	»	24	Little Fall	»
12	Auburn	»	25	Livingston (County)	»
13	Burlington	»	26	Lockport	»
14	Caledonia	»	27	Morrismount	»
15	Cayuga (lake)	»	28	Morristown	»
16	Ceres	»	29	Newcastle	»
17	Chaumont	»	30	Olean	»
18	Cleveland	»	31	Postdam	»

IX. Ohio, Tennessee et moyen Mississipi.

67 localités et 162 séismes. S = 345 km. (1846-1856, 1875-1885).

Cette région, qui a la même sismicité que la précédente à laquelle elle confine, figure une vaste ellipse dont le grand axe dirigé N60°E s'étend sur une longueur de 1235 km. entre Clarksville (Arkansas) et Weston (W. Virginia) en passant par New-Madrid. Elle est probablement très artificielle. En tout cas elle présente deux centres sismiques distincts et importants : le système montagneux des Cumberland mountains, Wallen's Ridge, Clinch et Black mountains, c'est-à-dire l'épanouissement sud-occidental des monts Alleghanys de Huntsville (Alabama) à Wytheville (Virginia); le second célèbre par le grand tremblement de 1811 paraît avoir son centre vers New-Madrid ; d'ailleurs de nombreuses localités qui s'échelonnent sur la partie méridionale du grand axe de l'ellipse semblent appartenir à celui-ci. Quant aux abords du Mississipi et de ses grands affluents de l'ouest on sait que si les tremblements de terre sont assez rares dans la région des Swamps, ils le sont beaucoup plus dans les « little River Swamps » à l'ouest.

	Moyen bassin du Mississipi	28
1	Memphis	12
2	New-Madrid	10
3	Cairo	8
4	Saint-Louis	7
5	Knoxville	6
6	Terre-haute	4
7	Whiteville	»
8	Bald mountains	3
9	Evansville	»
10	Henderson	»
11	Mount Pleasant	»
12	Abingdon	2
13	Castlesburg	»
14	Clarksville (Arkansas)	»
15	Clarksville (Tennessee)	»
16	Dalton	»
17	Gayoso	»
18	Ironton	»
19	Jackson	»
20	Kentucky	»
21	Lexington	»
22	Louisville	»
23	Manchester	»
24	Murphy	»
25	New-Albany	»
26	Ohio	»
27	Tennessee	»
28	Anderson	1
29	Anna	»
30	Arkadelphia	»
31	Ashwood	»
32	Athens	»
33	Belleville	1
34	Black Mountains	»
35	Blue Ridge Mountains	»
36	Caledonia	»
37	Carbondale	»
38	Centralia	»
39	Chattanooga	»
40	Cincinnati	»
41	College Hill	»
42	Eddyville	»
43	Edgeville	»
44	Franklin	»
45	Friendville	»
46	Greenville	»
47	Hillsborough	»
48	Huntsville	»
49	Illinois	»
50	Indiana sud	»
51	Jasper	»
52	Maulyville	»
53	Maysville	»
54	Melbourne	»
55	Missouri	»
56	Mount Vernon	»
57	New-Harmony	»
58	Ohio E	»
59	Ohio SW	»
60	Paducah	»
61	Pro Tem	»
62	Ravenden's Springs	»
63	Richmond	»
64	Variety Hills	»
65	Wilmington	»
66	Zanesville	»

X. Michigan.

9 localités et 9 séismes. S = 487 km. (1847-1855).

Cette région encore plus artificielle que la précédente n'a pour limites que des lignes purement conventionnelles: du fond de la Green-Bay à Decatur (Illinois); une portion de l'ellipse précédemment décrite jusqu'à Hillbuck (Ohio): le 82me méridien (Gr.) jusqu'au lac Erié; la côte de ce lac jusqu'à son angle sud-occidental à Toledo; une ligne qui va de ce point au fond de la Green-Bay par-dessus la moitié méridionale du lac Michigan.

1	Bloomington	1	6	Kalamazoo	1
2	Détroit	»	7	La Salle	»
3	Goshen	»	8	Ohio nord	»
4	Green-Bay	»	9	Wenona	»
5	Janesville	»			

On n'a pu calculer faute de documents en nombre suffisant la sismicité des régions suivantes.

XI. Les Montagnes Rocheuses.

41 localités et 1964 séismes.

Cette région est comprise du nord au sud entre les frontières du Dominion et du Mexique et de l'ouest à l'est entre les deux maîtresses branches des Montagnes Rocheuses, l'une allant du mont Chichchehun au confluent des Rios Colorado et Gila, l'autre s'étendant des sources de la Flathead River au lac Guzman (Mexique) à l'ouest de Paso del Norte; cette dernière limite ainsi à l'ouest les bassins du Mississipi et de ses affluents de droite. La région comprend donc la plus grande partie du bassin de la Columbia, celui du Grand lac salé et celui du Colorado. Elle présente plusieurs centres sismiques distincts que l'insuffisance des renseignements n'a pas permis de délimiter d'une façon précise. Le plus remarquable est celui du lac Owen, à l'est du mont Whithney (Californie), qui a été en 1868 et en 1872 le théâtre de très nombreuses et fortes secousses; c'est un district volcanique. Le flanc occidental des Wahsatch mountains entre Fillmore (Utah) et Paris (Idaho) est peu stable. Enfin une autre région sismique se montre dans le Nevada d'Eureka à Carson et Virginia City et de Soda Springs à Susanville, sa partie la plus souvent ébranlée se montrant au pied de la grande Cordillière occidentale entre les lacs Pyramid et Tahœ.

1	Lone Pine	1005	20	Bear lake valley	2
2	Owen's lake	803	21	Benson	»
3	Silver Mountain	35	22	Boise city	»
4	Steamboat Point	26	23	Bullion mine	»
5	Carson City	15	24	Cerro Gordo	»
6	Susanville	9	25	Churchill (Fort)	»
7	Yuma Fort	8	26	Cove Creek	»
8	Virginia City	7	27	Desert district	»
9	Inyo County	5	28	Eureka	»
10	Salt lake city	»	29	Fillmore	»
11	Unionville	4	30	Frisco	»
12	Nevada (Etat)	3	31	Hebron	»
	» et Californie	»	32	Humboldt city	»
			33	Keeler	»
13	Owen'sville	»	34	Klamath (Fort)	»
14	Round valley	»	35	Pioche	»
15	Arizona	2	36	Prescott	»
16	Iron County	»	37	Soda Springs	»
17	Pagosa Springs	»	38	Swansea	»
18	Provo city	»	39	Twin lakes	»
19	Austin	»	40	Winnemucah	»

XII. Le Far-West.

23 localités et 29 séismes.

La région s'étend des Montagnes Rocheuses orientales au Mississipi. On y doit soupçonner des centres sismiques importants dans le Montana SW vers le parc national d'Yellowstone, et surtout dans le Nouveau-Mexique vers Albuquerque et Cimarron, avec peut-être complication de phénomènes volcaniques.

1	Helena	5	13	Lewis'lake	1
2	St Joseph	2	14	Little Chute	»
3	Nebraska	»	15	Lower Brûlé	»
4	Boonsborough	1	16	Mac Leod County	»
5	Cimarron	»		Mississipi (Etats à l'ouest du —)	»
6	Dakota	»	17	North Platte	»
7	Deux-Rivières	»	18	Rio Grande (vallée du —)	»
8	Embarrass	»		Rocheuses (Etats à l'est des montagnes)	»
9	Greenwood	»	19	Steamboat Point	»
	Iowa et Dakota	»	20	Sully (fort)	»
10	Kansas W	»			
11	Kearney (fort)	»			
12	Lawrence	»			

XIII. Côtes du Golfe du Mexique.

15 localités et 17 séismes.

Cette région très stable s'étend de la Floride au bas Rio Grande. On n'y connaît seulement que quelques séismes sporadiques dans le temps et dans l'espace.

1	Apalachicola	2	9	Natchez	1
2	Pensacola	»	10	New-Orleans	»
3	Bâton-Rouge	1	11	St Stephens	»
4	Diloxi	»	12	Tallahassee	»
5	Floride	»	13	Tampa	»
6	Greenville	»	14	Texas	»
7	Hartford County	»	15	Tuzewell County	»
8	Mobile	»			

XIV. Aléoutes et Alaska.

19 localités et 103 séismes.

Cette région est surtout remarquable au point de vue volcanique; la chaîne des îles Aléoutes et la presqu'île d'Alaska, en prolongement l'une de l'autre, sont jalonnées de volcans actifs et éteints. En dehors des tremblements qui accompagnent les éruptions, ils paraissent en somme assez peu fréquents, sauf à l'île d'Ounalaschka. D'ailleurs on sait peu de chose à cet égard. Wenjaminoff estime à 3 le nombre annuel de séismes ressentis dans l'île d'Ounalaschka. Sur le continent les observations se bornent à Sitka ou Novo-Archangelsk, où les relevés météorologiques de la compagnie russe ne signalent qu'un seul tremblement en 20 ans, ce qui, d'après Berghaus, serait une preuve du profond assoupissement de l'Edgecombe. Cependant des observations ultérieures semblent infirmer cette stabilité. Grewinck dit que les tremblements de

terre sont assez fréquents et intenses dans le voisinage de Wrangel, au nord des monts Jakutats et dans la vallée de l'Atna. D'après Vesselowski, Païmut serait fort rarement ébranlé.

Du bassin du Yukon, l'on ne sait rien.

1	Illioulouk (Ounalaschka)	24	9	Chilcoot	2
2	Sitka (Novo-Archangelsk)	19	10	Ounimak (I.)	2
3	Ounalaschka (I.)	12	11	Païmut	»
	Iles Aléontes	10	12	Amachnak (I.)	1
4	Pribylow (I.)	»	13	Cook (Détroit de —)	»
5	Atka (I.)	4	14	Johanna Bogoslawa (I.)	»
6	Chichaldinskaïa Sopka	»	15	Jounak (V^D)	»
7	Oukamok (I.)	»	16	Kadiak (I.)	»
8	Oumnak (I.)	3	17	Makutschinskaïa Sopka	»
			18	Petropawlowsk	»

Nantes, le 21 janvier 1897.

NOTE

SUR LES

HAUTEURS DIURNES DU LAC LÉMAN EN 1897

PAR

Th. TURRETTINI

Depuis plus de 25 ans, Philippe Plantamour a publié dans les *Archives des Sciences* le relevé annuel de ses observations sur le niveau du lac Léman. Avec une grande méthode et une exactitude toute scientifique, pendant près d'un quart de siècle il a établi chaque jour la moyenne des variations diurnes du Lac au moyen du limnimètre enregistreur qu'il avait fait établir dans sa propriété de Sécheron.

Le règlement intercantonal sur les manœuvres des barrages établis à Genève et destinés à régulariser l'écoulement du lac Léman avait admis le limnigraphe de Sécheron comme base des observations limnimétriques servant à diriger ces manœuvres.

Philippe Plantamour a pu continuer ses observations jusqu'au milieu de décembre 1897, et c'est lorsque la maladie qui l'a enlevé il y a quelques jours à peine l'y a forcé qu'il a renoncé à ce travail de chaque jour qui avait tant contribué à l'étude scientifique des variations diurnes du Lac et des *seiches* en particulier.

L'année 1897 a été la première, depuis l'achèvement des travaux de régularisation du Lac, qui a présenté un caractère absolument anormal par l'intense quantité d'eau tombée du mois de février au mois de septembre.

Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. m. et 3 h. s.

1897

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.623	1.381	1.355	1.503	1,281	1.526	2.085	2.032	1.963	1.679	1.617	1.429
2	1.618	1.416	1.362	1.520	1.309	1.548	2.125	2.000	1.943	1.695	1.617	1.436
3	1.617	1.500	1.347	1.514	1.316	1.587	2.161	1.989	1.965	1.707	1.608	1.442
4	1.610	1.582	1.361	1.496	1.329	1.633	2.202	1.959	2.005	1.718	1.598	1.420
5	1.598	1.607	1.365	1.535	1.335	1.683	2.224	1.918	2.013	1.758	1.592	1.416
6	1.588	1.620	1.375	1.540	1.335	1.720	2.228	1.912	1.989	1.736	1.589	1.400
7	1.576	1.668	1.370	1.533	1.337	1.758	2.207	1.904	1.999	1.703	1.579	1.385
8	1.565	1.692	1.369	1.537	1.324	1.797	2.212	1.873	2.047	1.676	1.579	1.368
9	1.560	1.687	1.361	1.514	1.311	1.843	2.231	1.864	2.050	1.662	1.576	1.360
10	1.554	1.677	1.349	1.489	1.301	1.910	2.244	1.879	2.047	1.669	1.567	1.372
11	1.555	1.662	1.350	1.463	1.281	1.947	2.263	1.874	2.031	1.664	1.556	1.366
12	1.548	1.654	1.348	1.434	1.288	1.964	2.268	1.841	2.002	1.659	1.549	1.380
13	1.543	1.639	1.385	1.412	1.278	1.959	2.269	1.844	1.976	1.659	1.542	1.383
14	1.538	1.626	1.398	1.382	1.277	1.950	2.272	1.844	1.956	1.658	1.537	1.381
15	1.529	1.620	1.399	1.375	1.294	1.953	2.277	1.830	1.926	1.653	1.537	1.382
16	1.521	1.606	1.395	1.371	1.260	1.969	2.262	1.852	1.949	1.654	1.533	1.380
17	1.509	1.581	1.395	1.333	1.254	1.982	2.252	1.889	1.961	1.661	1.527	1.377
18	1.506	1.557	1.372	1.298	1.254	1.999	2.252	1.901	1.938	1.663	1.522	1.372
19	1.499	1.528	1.394	1.284	1.259	2.005	2.233	1.903	1.926	1.662	1.517	1.369
20	1.490	1.502	1.447	1.255	1.277	2.004	2.217	1.981	1.925	1.663	1.510	1.371
21	1.478	1.462	1.479	1.256	1.306	2.016	2.227	2.027	1.899	1.725	1.524	1.361
22	1.468	1.429	1.483	1.240	1.333	2.009	2.251	2.012	1.862	1.662	1.506	1.352
23	1.460	1.408	1.501	1.236	1.378	1.995	2.258	2.073	1.824	1.652	1.493	1.332
24	1.451	1.396	1.514	1.229	1.405	1.977	2.246	2.114	1.796	1.649	1.484	1.321
25	1.436	1.387	1.519	1.214	1.454	1.967	2.233	2.101	1.769	1.650	1.483	1.309
26	1.421	1.381	1.512	1.206	1.481	1.970	2.213	2.081	1.735	1.639	1.477	1.303
27	1.426	1.375	1.493	1.210	1.488	2.010	2.182	2.063	1.700	1.635	1.455	1.302
28	1.418	1.374	1.496	1.219	1.498	2.030	2.174	2.040	1.680	1.631	1.439	1.286
29	1.408		1.495	1.245	1.506	2.043	2.164	2.026	1.677	1.625	1.431	1.280
30	1.395		1.517	1.255	1.503	2.069	2.146	2.008	1.679	1.621	1.440	1.272
31	1.396		1.516		1.506		2.081	1.980		1.619		1.261

Le Lac était encore le 5 juin au-dessous de la cote 1m,700. Le barrage était partiellement fermé pour maintenir la chute de 1m,80 au barrage, conformément au règlement.

Il est résulté d'une étude faite pour établir l'influence des travaux de régularisation sur le niveau du Lac en 1897 :

1° Que le niveau du Lac, qui atteint son maximum le 15 juillet avec 2m,277, se serait élevé à la même date, sans les travaux de régularisation, à 2m,899.

2° Dès le 15 juillet, la crue aurait continué, pour atteindre son maximum le 25 juillet, avec 3m,003, cote qui n'a jamais été enregistrée dans ce siècle.

3° A cette date (25 juillet), le Lac à Sécheron était à 2m,233; la différence due aux travaux de régularisation est ainsi de 3m,003 — 2m,033 = P.N. 0m,770.

4° Cette différence continua à s'accentuer; elle atteignit 0m,942 le 12 septembre.

5° L'ouverture des barrages amont de l'Ile, sans réserve de chute au bâtiment des turbines, aurait eu pour effet un abaissement du Lac qui aurait atteint son maximum le 11 juin avec 0m,12.

6° A partir de ce moment, le débit dû à la différence de hauteur des eaux aurait tendu à faire disparaître cette différence, qui est réduite à 0m,08 au 30 juin et à 0m,05 fin juillet, pour tomber à 0m,009 au 31 août. Il est à remarquer d'ailleurs, que malgré l'insuffisance de chute au bâtiment, les rideaux de barrage ont été entièrement ouverts dès le 12 juin.

7° En réglant à 1m,80 la chute au bâtiment, on aurait obtenu une baisse du Lac atteignant 0m,02 le 31 mai.

8° Dès lors, la chute réservée aurait diminué le débit

du fleuve; à partir du 12 juin, le niveau du Lac aurait dépassé les cotes constatées d'une quantité qui va en progressant jusqu'au 31 août, où elle atteint $0^m,37$.

9° Pendant le mois de septembre, cette différence de $0^m,37$ varie fort peu, attendu qu'elle est très sensiblement égale à la quantité dont la chute réelle au bâtiment des turbines est restée au-dessous de $1^m,80$, en sorte que le niveau, en aval du bâtiment, et par conséquent le débit du fleuve, auraient été, pour ce mois, peu différents des quantités constatées.

Le Rhône a la Jonction.

10° Du 5 juin au 25 septembre, soit pendant 115 jours consécutifs, le Rhône à la Jonction a dépassé la cote admise par Legler, pour l'écoulement régularisé, d'une quantité qui s'est élevée à $1^m,53$ le 23 août et dont la hauteur moyenne est de $0^m,71$ ($4^m,15$ — $3^m,44$).

Le Rhône en Valais.

11° L'apport moyen du Rhône en Valais en 1897 s'est élevé, pour la période du 25 mai au 27 septembre, à 468^{m^3} par seconde, tandis qu'en 1874, cet apport est resté à 330^{m^3}; il y a donc eu une augmentation de 138^{m^3} par seconde, soit du 40 °/₀.

12° Le débit moyen du Rhône à Genève s'est élevé pour la même période, en 1897, à 569^{m^3}, tandis qu'en 1874, il n'était que de 402^{m^3}, et que Legler n'avait prévu pour la régularisation qu'un débit de 423^{m^3}. Le débit de 1897 (25 mai-27 septembre) a donc été de 167^{m^3}, soit 42 °/₀ supérieur à celui de 1874, de 146^{m^3}, soit 34 $^1/_2$ °/₀

supérieur au débit prévu par Legler pour la régularisation.

13° Le Rhône à Genève a débité en moyenne 101^{m^3} de plus que l'apport du Rhône en Valais.

14° Pendant l'année 1874, le Rhône, à la Porte du Scex, a dépassé la cote 5^m au limnigraphe pendant cinq jours seulement, avec un maximum de $5^m,40$ le 31 juillet.

En 1897, la côte 5^m a été dépassée pendant 38 jours, dont 21 consécutifs, avec un maximum de $6^m,04$ le 3 juillet.

CONTRIBUTIONS EXPÉRIMENTALES

A L'ÉTUDE DES

RAYONS RÖNTGEN

PAR

Siegfr. GUGGENHEIMER

de Nuremberg.

Ire PARTIE

DE L'INFLUENCE DES RAYONS RÖNTGEN SUR LA DISTANCE EXPLOSIVE DE L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE [1].

Au cours de ses recherches sur la propagation de la force électrique, Hertz [2] avait observé le premier que, si l'on fait jaillir une étincelle entre les deux sphères d'un micromètre, la distance explosive, pour la même différence de potentiel, est plus grande si le micromètre est sous

[1] Le présent travail a été exécuté au laboratoire de recherches physiques de la Sorbonne, à Paris Je prie M. Lippmann, membre de l'Institut et directeur de ce laboratoire, de bien vouloir accepter l'expression de ma plus vive reconnaissance pour le bienveillant accueil qu'il m'a fait dans son laboratoire et pour les éminents conseils qu'il a bien voulu m'adresser. En même temps, j'exprime mes meilleurs remerciements à M. le prof. Charles Soret, professeur à l'Université de Genève, pour le bienveillant intérêt qu'il m'a témoigné au cours de mes études. S. G.

Nuremberg, octobre 1897.

[2] Hertz, *Œuvres*, t. II, p, 69, *Wied. Ann.*, t. 31, p. 983, 1887.

l'influence d'une source de lumière, émettant des radiations ultraviolettes, que s'il se trouve à l'obscurité.

Il observait surtout que cet agrandissement de la distance explosive est très considérable si la lumière est fournie par une autre étincelle de décharge, que l'effet diminue avec la distance et qu'il est dû à des radiations d'une longueur d'onde plus petite que celle des dernières parties du spectre visible.

Le travail de Hertz, qui avait étudié le phénomène dans les conditions les plus variées, fut suivi peu de temps après par un travail de MM. Wiedemann et Ebert [1] qui, tout en confirmant les expériences de Hertz, trouvèrent que l'action des rayons ultraviolets s'exerce exclusivement sur l'électrode négative.

Plus tard, M. Swyngedauw [2] a repris ces mêmes expériences en étudiant surtout la différence de l'action des rayons ultraviolets sur les potentiels explosifs statiques et dynamiques. Il a constaté que les potentiels explosifs dynamiques sont beaucoup plus abaissés que les potentiels explosifs statiques. MM. Sella et Majorana [3] se sont aussi occupés de la question. J'aurai l'occasion de citer leur travail plus loin.

Il convient de mentionner encore un travail de M. E. Warburg [4], qui se rapporte à notre sujet. Après avoir décrit les expériences de Hertz, il cite des expériences de M. Jaumann où ce savant étudie le phénomène dit du « retard » et qui consiste dans le fait que si l'on

[1] Wiedemann et Ebert, *Wied. Ann.*, t. 33, p. 241, 1888.

[2] Swyngedauw, *C. R.*, t. 124, p. 131, 1896.

[3] Sella et Majorana *Rendic. R. Acc. dei Lincei*, 5 (5), p. 116. 1896.

[4] E. Warburg, *Wied. Ann.*, t. 59, p. 1, 1896.

donne à deux électrodes, se trouvant dans un gaz, un potentiel suffisamment élevé pour que la décharge puisse s'effectuer, celle-ci n'a pas lieu tout de suite, mais seulement après un certain temps. Or, M. Warburg démontre que l'effet de la lumière ultraviolette consiste surtout dans le raccourcissement de ce retard.

Dans une note[1] parue dans les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* j'avais émis l'opinion que c'étaient probablement les « Entladungsstrahlen » de M. E. Wiedemann qui produisaient les effets signalés par Hertz. Pour appuyer cette hypothèse, je mentionnerai seulement, d'après Hertz, que si les étincelles éclatent dans l'hydrogène, l'action des rayons actifs est plus grande que si elles éclatent dans l'air, tandis que l'acide carbonique est plutôt défavorable à l'action des radiations actives. Or, M. Hoffmann[2] a trouvé récemment que, si une atmosphère d'hydrogène est très favorable à la formation des « Entladungsstrahlen, » l'acide carbonique au contraire les absorbe fortement.

Les premières recherches sur l'influence des rayons Röntgen sur la distance explosive furent faites par M. Swyngedauw[3] et par MM. Sella et Majorana[4]. Je n'ai eu connaissance de ces recherches qu'après l'achèvement de la majeure partie des miennes ; j'ai d'ailleurs étudié le phénomène en me plaçant à un autre point de vue. Il résulte des expériences de MM. Sella et Majorana que c'est une propriété commune des rayons ultraviolets et des rayons Röntgen de provoquer une augmentation de

[1] Guggenheimer, *C. R.*, t. 124, p. 359, 1897.

[2] Hoffmann, *Wied. Ann.*, t. 60, p. 269.

[3] Swyngedauw, *C. R.*, t. 122, p. 374.

[4] Sella et Majorana, *loc. cit.*

la distance explosive pour de petites étincelles, si c'est l'électrode négative qui est frappée par les radiations actives. Si la distance explosive est grande, 38 mm. par exemple, comme dans une expérience des auteurs italiens, et si c'est l'électrode positive qui est exposée aux rayons, la distance explosive est diminuée par ces derniers.

Dans une première série d'expériences préliminaires j'ai employé un micromètre à boules fixes, j'ai ensuite approfondi l'étude du phénomène en utilisant un micromètre dont les boules pouvaient être changées.

En interposant devant le tube Crookes un large écran relié avec la terre, et formé d'une feuille d'aluminium de $^{12}/_{100}$ de mm. et en mettant à la place du micromètre un électroscope Hurmuzescu, j'ai vérifié une fois pour toutes que c'étaient vraiment les rayons Röntgen qui causaient l'augmentation de la distance explosive.

Expériences préliminaires.

J'ai d'abord fait éclater les étincelles entre les sphères d'un micromètre dont les boules, fixées à une distance invariable, étaient en laiton et de 4 mm. de diamètre environ. Elles étaient toujours soigneusement polies avant les expériences. Les étincelles étaient fournies par une petite bobine Ruhmkorff, actionnée indépendamment de la grande bobine, et réglée de sorte que la distance explosive maxima fût de 2 mm. environ (sans l'action des rayons X).

Le tube employé était à cathode plane et mis en activité par la décharge d'une grande bobine (d'une longueur maxima d'étincelles d'environ 30 cm.). Le courant primaire était fourni par un certain nombre d'accumu-

lateurs. Je réglais son intensité à l'aide d'un ampèremètre et d'une résistance liquide intercalée dans le circuit primaire.

La première série d'expériences m'a donné les résultats suivants :

Dist. Tube-microm.	Courant prim. de la grande bob.	Etincelles sans rayons.	Etincelles avec rayons.
7 cm.	2 1/2 amp.	1,8 mm.	2 mm.
7 »	3 »	1,9 »	2,3 »
7 »	4 »	1,8 »	3,3 »
7 »	5 »	1,8 »	3,7 »

Il résulte de ces chiffres que :

A distance égale et à différence de potentiel égale, l'augmentation de la distance explosive de l'étincelle passive croît avec l'intensité du courant primaire.

Dans une seconde série d'expériences, je maintenais constante l'intensité du courant primaire, mais je faisais varier la distance du micromètre au tube. (Dans ces expériences comme dans toutes celles qui suivront, cette distance est toujours celle qui sépare les boules du micromètre de la partie de la paroi du tube qui est située en face de la cathode). Voici les chiffres obtenus :

Dist. Tube-microm.	Courant prim. de grande bob.	Etincelles sans rayons,	Etincelles avec rayons.	Augmentation
1 mètre	4 amp.	1,75 mm.	2,5 mm.	0,75 mm.
80 cm.	4 »	1,8 »	2,7 »	0,9 »
50 »	4 »	1,8 »	2,9 »	1,1 »
7 »	4 »	1,8 »	3,3 »	1,5 »

On conclut de ces chiffres que :

A différence de potentiel égale (du micromètre) et à intensité égale des rayons X, l'augmentation de la distance explosive de l'étincelle passive est d'autant plus marquée que la distance du micromètre à la source des rayons Röntgen est plus petite.

L'interposition d'un écran fluorescent de platinocyanure de baryum, d'une lame de verre ou de quartz n'a pas changé sensiblement l'effet des radiations.

On sait par les expériences de MM. Wiedemann et Ebert, que l'action de la lumière ultraviolette s'exerce presque exclusivement sur le pôle négatif. Mais comme les rayons Röntgen — différents de la lumière ultraviolette qui décharge seulement les corps chargés négativement — agissent de la même manière sur les corps chargés positivement et négativement, il était intéressant de voir si l'action de ces rayons était la même sur les deux pôles du micromètre. J'ai fait l'expérience en protégeant alternativement le pôle positif et le pôle négatif avec une plaque de verre, épaisse d'un centimètre, et recouverte des deux côtés d'une feuille de platine de 0,4 mm. d'épaisseur. J'ai observé alors que, si le pôle positif *seul* est protégé, l'effet des radiations est presque le même que sans l'écran verre-platine, mais si c'est le pôle négatif qui est protégé, l'effet des radiations est très sensiblement diminué; donc :

L'effet des radiations actives s'exerce principalement sur le pôle négatif du micromètre mais l'effet sur le pôle positif n'est pas absolument nul.

Expériences définitives.

Ces mesures préliminaires exécutées assez grossièrement comme on voit, permettent déjà de se faire une idée générale du phénomène.

Toutefois les chiffres trouvés révèlent un rapport entre l'intensité des rayons Röntgen (ou plutôt entre l'intensité du courant primaire actionnant la grande bobine) et

leur distance du lieu d'origine, qui a besoin d'être confirmé ; car, il est assez étonnant de voir que, si l'intensité du courant primaire double, l'augmentation de la distance explosive monte de 0,2 mm. à 1,9 mm. ; tandis que, si la distance du tube au micromètre devient quatorze fois plus grande, l'augmentation de la distance explosive descend seulement de 1,5 mm. à 0,75 mm.

Le micromètre que j'ai employé pour les recherches détaillées était construit de sorte que les électrodes pouvaient être changées.

Il était assez précis pour permettre de mesurer exactement le $^{1}/_{100}$ et d'estimer le $^{1}/_{400}$ de millimètre.

J'ai tâché de vérifier en premier lieu la loi qui régit l'influence de l'intensité des rayons sur la distance explosive (à distance constante du tube au micromètre).

J'ai fait passer l'étincelle passive entre des électrodes de zinc, de cuivre, de fer et de laiton ayant la forme de petites boules d'environ 5 mm. de diamètre. Il est inutile d'ajouter qu'elles étaient soigneusement nettoyées avant chaque expérience ; et j'ai admis que la distance maxima d'explosion était obtenue si, pendant une minute, il ne jaillissait pas d'étincelles entre les électrodes.

Pour augmenter la sensibilité, j'ai opéré dans la majeure partie des cas avec les très petites étincelles d'une petite bobine Ruhmkorff, alimentée par une pile Daniell.

Le tube employé était du système focus ; il était actionné par une grande bobine d'induction qui fournissait des étincelles d'une longueur maxima de 18 cm. La source du courant était une batterie de 6 accumulateurs sur laquelle je prenais chaque fois la force électromotrice convenable.

Influence de la nature des boules du micromètre et de l'intensité du courant primaire.

A. Boules de *zinc.*

Distance tube-microm.	Courant prim. de grande bobine	Étincelle sans rayons	Étincelle avec rayons	Augmentation.
7 cm.	3,5 amp.	0,39 mm.	0,47 mm.	0,08 mm.
7 cm.	3,5 amp.	0,26	0,325	0,065
7 cm.	5 amp.	0,28	0,46	0,18
7 cm.	5 amp.	0,285	0,45	0,165
7 cm.	7 amp.	0,28	0,65	0,37
7 cm.	7 amp.	0,265	0,62	0,35
7 cm.	9 amp.	0,32	0,63	0,31
7 cm.	9 amp.	0,28	0,60	0,32

B. Boules de *cuivre.*

Distance tube-microm.	Courant prim. de grande bobine	Étincelle sans rayons	Étincelle avec rayons	Augmentation.
7 cm.	3,5 amp.	0,22 mm.	0,31 mm.	0,09 mm.
7 cm.	3,5	0,23	0,30	0,07
7 cm.	4,5 amp.	0,27	0,39	0,12
7 cm.	4,5 amp.	0,285	0,42	0,135
7 cm.	7 amp.	0,17	0,54	0,37
7 cm.	7 amp.	0,15	0,53	0,38
7 cm.	9 amp.	0,19	0,56	0,37

Je n'ai fait cette dernière expérience qu'une fois pour ménager l'interrupteur de la bobine qui s'use très vite quand le courant qui y passe est intense.

C. Boules de *laiton.*

Distance tube-microm.	Courant prim. de grande bobine	Étincelle sans rayons	Étincelle avec rayons	Augmentation.
7 cm.	3,5 amp.	0,265 mm.	0,38 mm.	0,115 mm.
7 cm.	3,5 amp.	0,34	0,50	0,16
7 cm.	5,5 amp.	0,28	0,48	0,20
7 cm.	5,5 amp.	0,28	0,49	0,21
7 cm.	7 amp.	0,24	0,52	0,28
7 cm.	7 amp.	0,22	0,50	0,28
7 cm.	9 amp.	0,21	0,53	0,32
7 cm.	9 amp.	0,22	0,53	0,31

D. Boules de *fer*.

Dans son travail, Hertz avait aussi employé des électrodes de différents métaux, et il dit avoir trouvé pour tous les métaux à peu près la même sensibilité, sauf pour le fer qui semble un peu plus sensible que les autres. Mais dans mes expériences, comme on le verra d'ailleurs dans les chiffres qui suivront, les rayons Röntgen n'agissent pas comme les rayons ultraviolets, car si l'étincelle jaillit entre des boules de fer, leur influence sur la distance explosive est plus petite et surtout beaucoup plus irrégulière que si l'étincelle jaillit entre des électrodes formées d'un autre métal.

Voici les chiffres obtenus.

Distance tube-microm.	Courant prim. de grande bobine	Étincelle sans rayons	Étincelle avec rayons	Augmentation.
7 cm.	3,5 amp.	0,25 mm.	0,30mm	0,05mm.
7 cm.	3,5 amp.	0,265	0,365	0,10
7 cm.	3,5 amp.	0,26	0,365	0,105
7 cm.	5,5 amp.	0,27	0,515	0,245
7 cm.	5,5 amp.	0,29	0,52	0,23
7 cm.	7 amp.	0,39	0,55	0,16
7 cm.	7 amp.	0,23	0,45	0,22
7 cm.	9 amp.	0,32	0,48	0,16
7 cm.	9 amp.	0,20	0,33	0,13

Cette irrégularité ne peut être attribuée à une défaillance subite du tube dont l'action sur l'écran phosphorescent n'avait pas diminué.

L'influence de l'intensité du courant primaire est confirmée par ces quatre séries d'expériences.

Le rapport entre l'augmentation de l'intensité du courant primaire alimentant la bobine qui actionne le tube et l'augmentation de la distance explosive est (le cas des boules de fer exclus) de 2,5 à 4, ce qui semble

être plus juste que celui qui avait été trouvé dans la première partie (2 : 9).

J'ai passé ensuite à la vérification de la loi qui régit l'influence de la distance du tube au micromètre sur la distance explosive de l'étincelle.

Influence de la distance.

A. Boules de *zinc.*

Distance tube-microm.	Courant prim. de grande bobine	Etincelle sans rayons	Étincelle avec rayons	Augmentation.
7 cm.	5 amp.	0,285 mm.	0,45 mm.	0,165 mm.
7 cm.	5 amp.	0,28	0,46	0,18
20 cm.	5 amp.	0,31	0,39	0,08
20 cm.	5 amp.	0,29	0,41	0,12
30 cm.	5 amp.	0,22	0,52	0,31
30 cm.	5 amp.	0,27	0,49	0,22
30 cm.	5 amp.	0,29	0,49	0,20
50 cm.	5 amp.	0,285	0,42	0,135
50 cm.	5 amp.	0,29	0,42	0,13
1 m.	5 amp.	0,28	0,345	0,065
1 m.	5 amp.	0,28	0,34	0,060

B. Boules de *cuivre.*

Distance tube-microm.	Courant prim. de grande bobine	Étincelle sans rayons	Étincelle avec rayons	Augmentation.
7 cm.	5 amp.	0,28	0,46	0,18
7 cm.	5 amp.	0,20	0,40	0,20
30 cm.	5 amp.	0,24	0,55	0,31
30 cm.	5 amp.	0,28	0,53	0,25
50 cm.	5 amp.	0,26	0,415	0,155
50 cm.	5 amp.	0,28	0,42	0,14
1 m.	5 amp.	0,24	0.28	0,04
1 m.	5 amp.	0,245	0,28	0,035

C. Boules de *fer.*

J'ai déjà mentionné plus haut le peu de sensibilité

que montrent les étincelles éclatant entre des boules de fer par rapport aux rayons Röntgen. Dans ces expériences sur l'effet à distance variable, ce phénomène s'est manifesté encore à un plus haut degré ; de sorte que déjà en portant à 20 centimètres la distance tube-micromètre, il n'y a plus aucune influence à constater. On remarque, en étudiant les chiffres qui précèdent, un phénomène qui n'est pas moins singulier et qui, je crois, n'a pas encore été observé. L'augmentation de la distance explosive monte subitement d'une quantité relativement considérable, si l'on porte la distance du tube au micromètre à environ 30 cm. et elle descend ensuite rapidement si l'on éloigne davantage l'appareil. Ce fait étonnant ne pourrait s'expliquer, à mon avis, que par la supposition de la formation, sur *la paroi fluorescente* du tube, de rayons *convergents* dans une certaine direction et ayant leur zone de convergence à environ 30 cm. du tube (pour le cas du tube que j'ai employé dans ces expériences). Il me semble inadmissible que ces rayons partent du voisinage de la cathode (c'est-à-dire de l'intérieur du tube), car l'illumination du verre était uniforme. Pour la vérification de ce phénomène, j'ai songé d'abord à l'écran fluorescent en raisonnant de la manière suivante : Si les rayons convergent vraiment vers un point situé à une certaine distance du tube, je dois obtenir sur l'écran fluorescent une tache très claire, entourée d'une zone plus obscure, formant en quelque sorte ombre autour de la tache dont la fluorescence est particulièrement intense. Le résultat de cet essai a été négatif.

J'ai essayé alors une vérification par la méthode photographique.

Sur le couvercle du chassis qui contenait la plaque

photographique, j'ai fixé, avec de la cire à cacheter, un petit étui en carton. Dans cet étui, j'ai mis une croix, coupée dans une feuille d'aluminium, d'une épaisseur de $^1/_{10}$ de millimètre. La pose, le développement des plaques, la copie des clichés ont eu lieu exactement dans les mêmes conditions pour les deux épreuves. Le temps de pose était de 5 minutes.

L'intensité de l'action lumineuse a été beaucoup plus considérable à 7 centimètres qu'à 30 centimètres. L'idée d'une convergence est donc absolument à rejeter et le phénomène de la grande augmentation de la distance explosive entre 20 et 30 centimètres, *dans le cas du tube employé,* reste sans explication.

J'ai donc répété l'expérience avec un autre tube focus et avec des boules de laiton :

Distance tube-microm.	Courant prim. de grande bobine	Étincelle sans rayons	Étincelle avec rayons	Augmentation.
7 cm.	5 amp.	0,25	0,43	0,18
7 cm.	5 amp.	0,22	0,42	0,20
20 cm.	5 amp.	0,23	0,35	0,12
20 cm.	5 amp.	0,26	0,37	0,11
50 cm.	5 amp.	0,20	0,27	0,07
50 cm.	5 amp.	0,23	0,32	0,09
1 m.	5 amp.	0,27	0,31	0,04
1 m.	5 amp.	0,255	0,30	0,045

Comme on le voit il n'y a plus d'anomalie avec ce second tube, le phénomène se produit comme on pouvait le prévoir *a priori.* On voit de plus que, si la distance du tube au micromètre devient 13 fois plus grande, l'augmentation de la distance explosive devient généralement 4 fois plus petite.

Influence de la forme des électrodes.

Dans son beau travail Hertz dit[1] que la sensibilité de l'étincelle passive pour la lumière ultraviolette dépend beaucoup de la forme des électrodes entre lesquelles l'étincelle jaillit. Entre des pointes, la sensibilité est nulle si l'étincelle est longue; elle est faible mais appréciable si l'étincelle est courte. Entre des boules, la sensibilité est plus grande surtout pour les étincelles courtes.

Pour la sensibilité des étincelles passant entre des pointes, Klemencic[2] est arrivé à un autre résultat que Hertz. Il a trouvé que cette sensibilité est même très grande mais que l'effet se manifeste dans le sens contraire ; c'est-à-dire que, si pendant que les électrodes, se trouvent sous l'influence de la lumière d'une décharge primaire, on les écarte au-delà de la distance explosive maxima, les étincelles apparaissaient de nouveau, dès que la décharge primaire cesse.

Pour étudier l'influence de la forme des électrodes sur la sensibilité de l'étincelle pour les rayons Röntgen, j'ai fait jaillir l'étincelle entre des pointes, entre des boules et entre une pointe et un disque.

La distance du tube au micromètre était, pour toute la série d'expériences, de 10 centimètres, pendant que l'intensité du courant primaire de la grande bobine était de 4 ampères.

Les pointes, le disque et les boules étaient en laiton. Les boules étaient les mêmes que dans les expériences

[1] Hertz, *loc. cit.*, p. 73.
[2] Klemencic, *Wied. Ann.*, t. 59, p. 63, 1896.

précédentes, le disque avait un diamètre d'environ un centimètre.

A). Les étincelles passent entre des pointes.

Etincelles sans rayons	Etincelles avec rayons	Augmentation
0,13 mm.	0,28 mm.	0,15 mm.
0,17	0,20	0,03

Comme il résulte de ces chiffres et du résultat d'un certain nombre d'autres expériences que j'ai faites, l'augmentation de la distance explosive des étincelles passant entre des pointes n'est pas nulle, mais l'effet des rayons Röntgen s'exerce d'une manière très irrégulière.

B). Les étincelles passent entre le disque et la pointe.

1. Le disque est employé comme *pôle négatif*.

Etincelles sans rayons	Etincelles avec rayons	Augmentation
0,43 mm.	0,50 mm.	0,07 mm.
0,30	0,41	0,11
0,20	0,36	0,16
0,42	0,58	0,16

2. Le disque est employé comme *pôle positif*.

Etincelles sans rayons	Etincelles avec rayons	Augmentation
0,43 mm.	0,925 mm.	0,495 mm.
0,35	0,65	0,30
0,35	0.64	0,29

Ce qu'il y a de remarquable dans ces chiffres c'est surtout le fait que l'effet des rayons Röntgen est beaucoup plus fort si c'est la pointe qui est le pôle négatif que si c'est le disque; résultat d'autant plus surprenant que nous savons, d'après ce que j'ai établi précédemment, que l'effet des rayons Röntgen s'exerce surtout sur le

pôle négatif. Les expériences de M. Perrin[1] sur la décharge des corps électrisés par les rayons Röntgen auraient, d'après sa théorie sur l'effet métal et la ionisation superficielle, feraient plutôt supposer que l'effet des rayons serait plus fort pour le disque comme pôle négatif que pour la pointe. Il semble donc que la *densité* de l'électricité, qui se trouve sur le conducteur en contact avec l'air, joue aussi un certain rôle dans le phénomène que M. Perrin appelle « ionisation superficielle. » Car il me semble que l'on ne peut se passer de cette ionisation pour l'explication de ceux des effets des rayons Röntgen qui font l'objet de cette étude.

C). Les étincelles passent entre des boules.

Etincelles sans rayons	avec rayons	Augmentation
0,15 mm.	0,27 mm.	0,12 mm.
0,14	0,26	0,12

La question de l'influence des électrodes sur la grandeur de l'effet est donc résolue par la constatation que la plus grande *augmentation absolue* de la distance explosive se manifeste quand l'étendue jaillit entre un disque et une pointe, avec la pointe comme pôle négatif.

On connait le travail de MM. Winkelmann et Straubel[2] et leur découverte des « Flusspathstrahlen. » J'ai jugé intéressant de voir d'abord si ces « Flusspathstrahlen » exercent aussi une influence sur la distance explosive de l'étincelle électrique, et, dans le cas d'un résultat affirmatif, d'étudier quantitativement leur effet comparé à celui des rayons Röntgen. Comme MM. Winkelmann et Strau-

[1] Perrin, *Thèse*, p 47 et suiv. (Gauthier-Villars, Paris), 1897.

[2] Winkelmann et Straubel, *Jenaisch. Zeitsch. f. Naturwissensch.*, 1896.

bel disent expressément qu'il ne s'agit pas d'un effet de réflexion, il en résulte que ces rayons se propagent dans toute les directions. Pour examiner en même temps cette circonstance, j'ai disposé mon expérience de telle manière que les rayons Röntgen subissent la transformation avant de rencontrer le micromètre[1]. Dans les expériences de MM. Winkelmann et Straubel, les rayons traversaient la couche sensible de la plaque photographique avant de rencontrer la fluorine.

J'ai exécuté ces expériences de la manière suivante : Une plaque de quartz, épaisse de 0,5 mm. et recouverte d'une couche mince de poudre de fluorine fut placée à 0,1 mm. au-dessus des boules du micromètre. Les rayons Röntgen[2], venant d'en haut, traversaient donc d'abord la poudre de fluorine, puis avec les rayons transformés le quartz et arrivaient ensuite aux boules du micromètre. L'épaisseur de la couche de poudre était d'environ 0,3 mm. La poudre elle-même était assez fine. La fluorine employée était incolore.

Comme dans les expériences précédentes, la distance du tube au micromètre était de 10 cm. et l'intensité du courant primaire de la grande bobine était de 4 ampères.

Etincelles sans rayons	avec rayons	Augmentation	
0,30 mm.	0,42 mm.	0, 12 mm.	sans fluorine
0,28	0,46	0,18	avec fluorine
0,20	0,28	0,08	sans fluorine
0,20	0,34	0,14	avec fluorine

Ces résultats confirment donc indirectement les expériences de MM. Winkelmann et Straubel. On voit aussi que l'action des rayons, transformés par la fluorine *est*

[1] Voir Guillaume, *Rayons X*, 2me édition, pp. 136 et 137.

[2] Röntgen. *Sitz. Berichte d. Berliner Acad.*, mai 1897, p. 395.

plus forte que celle des rayons Röntgen non transformés. De plus il est acquis que les rayons découverts par les savants de Jena se propagent dans toutes les directions et qu'ils peuvent traverser des couches minces de quartz et d'air.

Dans la description des expériences préliminaires j'avais déjà dit que l'interposition d'un écran fluorescent entre le tube et le micromètre ne changeait pas sensiblement l'effet des radiations. J'ai répété cette expérience en changeant les dispositions expérimentales, de sorte que le micromètre était entre le tube Crookes et l'écran fluorescent de platinocyanure de baryum. Le côté de l'écran qui était recouvert du sel, était tourné vers le micromètre tandis que l'autre côté était adossé à une couche de mercure. Le mercure avait été purifié et nettoyé de sorte qu'il était bien miroitant. Je supposais donc que, les rayons invisibles qui partent du sel phosphorescent ayant une longueur d'onde bien supérieure à celle des rayons Röntgen, seraient susceptibles d'être réfléchis régulièrement et, qu'il se produirait ainsi un renforcement comme c'est le cas pour les rayons lumineux dans les photographies de M. Lippmann. Je m'attendais donc à ce que l'augmentation de la distance explosive fût plus grande en employant l'écran muni de son miroir qu'en employant le tube seul. Comme on verra par les chiffres qui suivent, cette prévision ne s'est pas confirmée : l'effet était identique dans les deux cas.

J'ai employé des boules de cuivre.

Dist. Tube-microm.	Intensité du courant de grande bobine	Etincelles sans rayons	Etincelles avec rayons	
10 cm.	5 amp.	0,16	0,28	sans écran et miroir.
10 cm.	5 amp.	0,155	0,28	avec écran et miroir.

On voit donc que l'augmentation de la distance explosive est la même dans les deux cas. Peut-être la méthode n'est-elle pas assez sensible pour déceler l'augmentation de l'intensité du rayonnement, qui doit avoir lieu entre le tube et l'écran-miroir.

Comme d'après celles de leurs propriétés que l'on connaît jusqu'à maintenant, les rayons Becquerel semblent être des radiations ultraviolettes de courte longueur d'onde, j'ai fait quelques essais pour voir s'ils exercent aussi une influence sur la distance explosive de l'étincelle électrique. J'ai employé dans ce but le sulfate double d'uranium et de potassium et le fluorure d'uranium et d'ammonium. J'ai exécuté l'expérience en étalant une certaine quantité du sel dans une capsule assez plate et en mettant la capsule aussi près que possible du micromètre. Dans tous les essais que j'ai faits, je n'ai pu constater aucune influence des radiations, émanant de ces sels, sur la distance explosive de l'étincelle. Ce résultat négatif s'explique probablement par la faible intensité des rayons employés.

IIme PARTIE

SUR LES EFFETS ACTINOÉLECTRIQUES DES RAYONS RÖNTGEN

Vers 1840 l'expérience suivante fut faite par Edmond Becquerel[1] : Deux plaques d'argent, après avoir été chlorées superficiellement et chauffées à 150°, furent plongées dans de l'acide sulfurique très étendu, et reliées par des fils de même métal avec un galvanomètre.

[1] E. Becquerel. *Traité de l'Electricité*, t. 6, p. 56, 1840.

L'acide se trouvait dans un récipient muni d'une ouverture que l'on pouvait ouvrir ou fermer à volonté. En laissant tomber la lumière sur une des plaques, on constatait par la déviation de l'aiguille du galvanomètre l'existence d'un courant qui allait de la plaque exposée à la lumière à l'autre, en passant par le liquide, tandis que le courant allait dans le sens opposé si les électrodes n'avaient pas été chauffées avant l'expérience. Becquerel étendit aussi ses expériences à d'autres électrodes couvertes de matières sensibles à la lumière, et trouva finalement que cette dernière condition n'est pas indispensable pour la production du courant par le rayonnement En effet, il suffisait de mettre deux plaques identiques dans un vase divisé, par une paroi semi-perméable, en deux compartiments contenant des liquides différents, pour observer la formation d'un courant si l'un des compartiments était exposé à la lumière. Si le liquide dans lequel se trouvait la plaque était un acide étendu, la plaque exposée prenait une charge d'électricité positive, tandis que la charge était négative si le liquide était une solution alcaline. Dans ces expériences avec des plaques de platine, l'effet était maximum pour la lumière blanche du soleil (4°,5), puis diminuait avec la lumière violette (1°,5), et la bleue (1°). Le jaune et le rouge ne donnaient plus aucune déviation.

Les recherches de Becquerel furent reprises plus tard par Hankel[1]; entre autres expériences, il opérait avec deux plaques de cuivre identiques dont l'une se trouvait dans un vase poreux plongé à son tour dans une cuvette remplie d'eau. Une ouverture était disposée de manière

[1] Hankel. *Wied. Ann.*, t. 1, p. 402.

qu'on pût facilement changer le verre qui la fermait. Le galvanomètre montrait ordinairement, déjà avant l'accès de la lumière, une petite déviation qui disparaissait bientôt et provenait d'une légère différence des surfaces des deux électrodes. Par suite de l'existence de ce courant, des phénomènes de polarisation n'étaient donc pas absolument exclus. Hankel expérimenta aussi avec des plaques de cuivre plus ou moins oxydées et il observa que, tandis que le cuivre métallique devient tout de suite électriquement négatif, l'oxyde de cuivre subit deux transformations; l'une, ayant lieu plus vite et lui donnant une charge positive et une seconde plus forte mais lente qui lui donne une charge négative. On voit donc, pourvu que l'oxydation ne soit pas trop prononcée, l'aiguille déviée dans un sens revenir au zéro et montrer finalement un courant passant dans le sens inverse. Contrairement aux autres observateurs, Hankel trouva que l'action de la lumière violette est plus faible que celle de la lumière bleue et verte; il constata aussi que le signe de la charge diffère suivant les radiations qui ont frappé l'électrode; qu'il est positif pour les radiations de grandes longueurs d'onde et négatif pour celles de petites longueurs d'onde.

Les expériences de Paccinotti[1] ne sont en somme que des variantes de celles de Becquerel et de Hankel. Il en est de même de celles de M. Pellat[2], dont les expériences se rapprochent beaucoup de celles de Hankel. Citons aussi M. Maréchal[3] qui, dans des recherches ana-

[1] Paccinotti. *Cimento*, 18, p. 373, 1864.
[2] Pellat. *C. R.*, t. 89, p. 277, 1879.
[3] Maréchal. *Eclairage électrique*, 1896, p. 444.

logues, a eu surtout pour but d'établir une nouvelle méthode photométrique.

Becquerel n'avait pas indiqué s'il n'y avait pas au commencement de ses expériences un faible courant provoqué par une petite inégalité des électrodes, courant qui disparaissait ensuite par la polarisation. Or, il est démontré par les expériences de Grove[1], que l'effet photo-électrique de la lumière peut aussi consister dans une diminution de cette polarisation, lorsque la lumière tombe sur l'une des deux plaques identiques en apparence. Peut-être, dans les expériences de Hankel, la lumière a-t-elle aussi contribué à la diminution de cette polarisation, car ce physicien a constaté qu'il se formait, lorsqu'il plongeait les électrodes dans le bain, un faible courant qui disparaissait assez vite. Quoi qu'il en soit, il est certain que l'effet de la lumière ne consiste pas uniquement dans cette diminution de la polarisation.

Les premières expériences quantitatives dans ce domaine ont été faites par Jegorow[2]. Il trouva que la force électromotrice de l'effet photo-électrique peut être évaluée à la quinzième partie de celle d'une pile Daniell. Un autre actinomètre photo-chimique a été indiqué par Gouy et Rigollot[3]. Il repose aussi sur le principe des expériences de Hankel.

On explique[4] les expériences de Becquerel par le fait que, sous l'influence de la lumière, l'iodure d'argent par exemple se décompose. L'argent métallique se dépose sur la plaque exposée au rayonnement, tandis que des

[1] Grove. *Phil. Mag.*, (4), 16, p. 426, 1858.
[2] Jegorow. Voir *Ostwald Lehrb.*, II, 1041.
[3] Gouy et Rigollot. *C. R.*, t. 106, 1470.
[4] Ostwald. *Lehrb. d. allg. Chemie*, II, 1042.

ions d'iode entrent en solution. A l'autre électrode, de l'argent métallique est dissout, pourvu qu'il n'y ait pas des ions d'iode dans la solution. En conséquence, l'électrode illuminée agit comme cathode et l'électrode restée à l'obscurité devient anode. Cette théorie a reçu un appui par les expériences de Griveaux [1] qui démontrent que la force électromotrice produite par l'effet photo-chimique peut être compensée en ajoutant de l'iode libre au liquide dans le voisinage de l'électrode exposée. La concentration de l'iode ajouté doit être proportionnelle à l'intensité de la lumière.

Le dernier travail paru sur le sujet est celui de M. Luggin [2]. Il a pour but une étude quantitative du phénomène et procède d'une manière très différente de celle choisie par les physiciens qui l'ont précédé. Le principe de ses expériences est le suivant: Une électrode de platine, plongée dans un électrolyte, est recouverte d'une combinaison d'un halogène avec l'argent. Dans le bain se trouve une seconde plaque d'argent recouverte de la même combinaison. On communique à cette électrode I, par des forces électro-motrices extérieures des potentiels différents. S'il faut, pour maintenir constant le potentiel V de l'électrode, *dans l'obscurité* un courant d'intensité J, et *à la lumière* un courant d'intensité $J + i$, on doit le courant i à l'action de la lumière.

Les relations entre le potentiel V de l'électrode et l'intensité i du courant photo-électrique peuvent être exprimés, d'après M. Luggin par l'équation

$$v - V = ib$$

[1] Griveaux. *C. R.*, 107, p. 837.

[2] Luggin. *Zeitschr. f. phys. Chemie*, XXIII, 577, 1897.

où v et b sont des constantes dépendant de l'intensité de la lumière, v indiquant la valeur du potentiel pour laquelle l'intensité du courant photo-électrique devient égale à zéro. Je ne peux pas entrer dans les détails des expériences et des considérations théoriques contenues dans le travail de M. Luggin et je me bornerai à mentionner encore le phénomène qu'il désigne sous le nom de « solarisation photo-électrique. »

Il l'a observé en faisant tomber la lumière sur une électrode qu'il avait portée à un potentiel dont la valeur était plus élevée que celle de v, déterminée auparavant. Dans les premières minutes après l'exposition, il observait le courant photo-électrique normal (positif). Peu à peu ce courant diminuait et faisait place à un courant de sens contraire (négatif) dont l'intensité était souvent beaucoup plus forte que celle du courant normal.

Lorsqu'il remettait l'électrode dans l'obscurité, ce courant négatif ne disparaissait que peu à peu, tandis que le courant normal positif cessait avec l'extinction de la lumière.

M. Luggin ajoute que les courants de solarisation les plus intenses ont été observés avec des électrodes qui n'avaient jamais été élevées à un haut potentiel. D'après M. Luggin la décomposition normale du bromure d'argent ne cesse pas pendant l'exposition à la lumière, mais il s'y joint une oxydation qui produit un courant de sens contraire, lequel constitue précisément le courant de solarisation.

Nous verrons plus loin un phénomène qui n'est pas sans analogie avec celui qu'à observé M. Luggin.

Quant aux phénomènes actino-électriques qui peuvent être produits par les rayons Röntgen comme radiations

actives, je n'ai trouvé qu'une seule expérience faite par M. Streintz[1]. Ce savant a constaté que la force électromotrice d'une pile

$$Zn \mid Zn\,SO_4\,aq + K_2\,SO_4\,aq + KBr\,aq + Ag\,Br \mid Pt$$

diminue de 0,017 Volt quant le bromure d'argent est exposé pendant 45 minutes aux rayons Röntgen.

L'absence d'une étude systématique de ces phénomènes m'a déterminé à reprendre les expériences de Becquerel et de Hankel en les modifiant de manière à pouvoir me servir d'un tube de Crookes comme source de radiations actives.

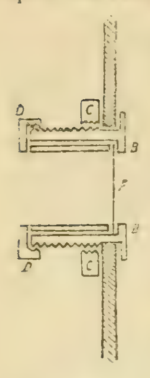
Les rayons Röntgen étaient fournis par un tube focus bi-anodique. Le tube était actionné par une bobine Ruhmkorff donnant 18 cm. d'étincelles avec un courant primaire de 7 ampères.

Le liquide et les électrodes étaient contenus dans un verre de 15 cm. de long, 20 cm. de haut et de 6 cm. de large. Dans la partie supérieure gauche d'une des parois du vase je perçai un trou de 30 mm. de diamètre, contre lequel, dans une première série d'expériences, fut appliquée avec de l'arcanson, une plaque d'aluminium de $^{12}/_{100}$ de mm. d'épaisseur. Le reste du vase fut recouvert soigneusement de papier noir. Dans une seconde série d'expériences, et pour pouvoir changer plus facilement la plaque de métal servant d'obturateur à la fenêtre, j'ai employé le dispositif suivant :

Dans l'ouverture circulaire du vase est monté un petit tube en ébonite, ouvert des deux bouts, d'une longueur de 25 mm. et d'un diamètre égal.

[1] Streintz. *Wiener Anzeiger*, nº 4, p. 26, 1896.

En B, à la hauteur de la paroi de verre, se trouve un petit rebord contre lequel est appuyé une plaque métallique, servant d'obturateur, ordinairement une plaque d'aluminium F de $^{12}/_{100}$ de mm. d'épaisseur. Un tube en laiton dont le diamètre extérieur est égal au diamètre intérieur du tube en ébonite est serré contre la plaque métallique à l'aide d'un anneau D, formant écrou sur le tube en ébonite. En outre, un anneau métallique C, serre tout le système contre le verre. L'étanchéité est maintenne par de nombreuses pièces en caoutchouc intercalées entre le métal, le verre et l'ébonite. Tout le vase, qui d'ailleurs était peint extérieurement avec un vernis noir, se trouvait dans une boîte qui ne laissait libre que la partie formant fenêtre. Le vase ainsi emboîté était recouvert au sommet par un couvercle s'adaptant exactement à la boîte et muni de deux fentes pour le passage des électrodes.



Les électrodes une fois fixées, tout le système était absolument opaque pour la lumière ordinaire. Comme électrodes (qui se trouvaient à 5 mm. derrière la plaque d'aluminium), j'ai employé des plaques d'argent couvertes d'une couche mince de chlorure, bromure ou iodure d'argent, quelquefois aussi de cuivre métallique ou d'oxyde cuivreux ou cuivrique.

Le liquide consistait en une solution très étendue d'acide sulfurique à $^1/_2$ $^0/_0$, en une solution de sulfate de cuivre à 10 $^0/_0$, ou en eau ordinaire.

Pour la préparation des plaques d'argent chlorées, bromées et iodées, j'ai employé la méthode électrolytique en travaillant à l'obscurité. Dans ce but j'ai fait passer, en

employant comme anode la plaque à préparer, un courant de 4 ampères pendant 35 à 50 secondes dans une solution de 10 °/₀ d'acide chlorhydrique ou dans une solution de pareille concentration de bromure ou de iodure de potassium. Les électrodes ainsi préparées, étaient mises directement dans le vase sans les chauffer préalablement. Pour avoir des électrodes aussi homogènes que possible on ne doit pas dépasser la durée d'électrolyse indiquée, car, si l'on fait passer le courant plus longtemps, les deux plaques diffèrent d'abord beaucoup et il faut attendre longtemps pour que le galvanomètre indique en revenant à zéro que l'on peut recommencer les expériences. Souvent même, quand l'halogénisation est trop avancée, il s'établit un courant permanent et il faut recommencer l'opération.

Pour préparer les électrodes d'oxyde de cuivre je chauffais des lames de cuivre soigneusement nettoyées sur la flamme non éclairante d'un bec de Bunsen jusqu'à ce que la plaque entière devint rouge. En la retirant à ce moment j'obtenais des plaques d'aspect bleuâtre couvertes d'une couche très homogène.

Le galvanomètre que j'ai employé (Nobili à 2 bobines), avait une sensibilité telle que $7,5.10^{-7}$ ampères donnaient une déviation de 18 divisions de l'échelle ; je le plaçais hors du champ d'action magnétique du tube Crookes et de la bobine Ruhmkorff.

Immédiatement devant la fenêtre métallique je plaçais un large écran, formé d'une feuille d'aluminium de $^{12}/_{100}$ mm. d'épaisseur et de 30×35 cm. de surface, relié à la terre. Pour éviter une action des rayons Röntgen sur la seconde électrode, je l'ai protégée par un écran de laiton de 1 cm. d'épaisseur relié aussi à la terre.

La distance des deux électrodes était toujours de 11 centimètres.

I. *Expériences avec des plaques d'argent couvertes d'une couche mince de chlorure d'argent.*

Dist. Tube-Electrode: 5 cm. Entre les deux, interposition d'un verre épais de 3 cm.
Déviation de 2 div. dans le sens positif.

Par sens positif (+), j'entends le sens du courant qui va de l'électrode exposée aux rayons Röntgen à l'autre électrode, en passant par le circuit extérieur.

Dist. Tube-Electr. 5 cm.	Interpos. d'une plaque de laiton épaisse de 2 $^1/_2$ cm., déviation (courant) de 3 div. +
» » » »	Interpos. d'une plaque de verre épaisse de 2 $^1/_2$ cm., déviation (courant) de 3 div. +
» » » »	Interpos. d'une plaque de laiton épaisse de 1 cm., déviation (courant) de 4 div. +
» » » »	Sans interpos., déviation de 11 div. +
» » » 1 cm.	Sans interpos., déviation de 40 div. +

Cette déviation de 40 divisions dans le sens positif avait lieu immédiatement; mais en prolongeant la durée de l'exposition à cet intense rayonnement, il se produisait une seconde modification des plaques sous l'influence des rayons, modification plus profonde que la première et provoquant un courant dans le sens contraire, de sorte que l'aiguille du galvanomètre repassait au bout d'un certain temps par le zéro et indiquait finalement un courant relativement fort (80 divisions), allant de la

plaque restée à l'obscurité à la plaque exposée. Ce phénomène montre donc beaucoup d'analogie avec celui de la « solarisation » de M. Luggin ; peut-être les causes en sont-elles identiques.

II. *Expériences avec des plaques d'argent couvertes d'une couche mince de bromure d'argent.*

Dist. Tube-électr. : 5 cm.	Interpos. d'une plaque de laiton épaisse de 2 $^1/_2$ cm., déviation de 2 div. +
» » »	Interpos. d'une plaque de verre épaisse de 2 $^1/_2$ cm., déviation de 2 $^1/_2$ div. +
» » »	Sans interposition, déviation de 10 div. +
» » 1 cm.	Sans interposition, déviation de 30 div. +

Ici aussi j'observais que la forte déviation de 30 divisions avait lieu presque immédiatement et qu'ensuite le courant changeait peu à peu de sens.

III. *Expériences avec des plaques couvertes d'une couche mince d'iodure d'argent.*

Dist. Tube-électr. : 5 cm.	Avec interpos. d'une plaque de laiton épaisse de 1 $^1/_2$ cm., déviation de 3 div. +
» » »	Interpos. d'une plaque de verre épaisse de 2 $^1/_2$ cm., déviation de 3 div. +
» » »	Sans interpos., déviation de 9 divisions. +
» » 1 cm. :	Sans interpos., déviation de 30 divisions. +

Dans ce cas j'observais aussi que la déviation positive de 30 divisions faisait bientôt place à une déviation négative d'environ 60 divisions, qui s'établissait peu à peu.

Il est à remarquer que l'action des rayons produisant le changement du sens du courant fourni par la première transformation des plaques, n'a lieu que si le rayonnement est intense, c'est-à-dire si la source se trouve assez rapprochée de l'électrode.

Une expérience faite avec une plaque d'argent fortement iodée m'a donné une déviation de 15 divisions pour une distance de 2 $^1/_2$ cm.

IV. *Expériences avec des plaques de cuivre métallique.*

Dist. Tube-électr. : 3 $^1/_2$ cm. Interpos. d'une plaque de verre épaisse de 2 $^1/_2$ cm., déviation de 4 div. +

» » » Sans interpos., déviation de 15 divisions.

» » 5 cm. Interpos. d'une plaque de verre épaisse de 2 $^1/_2$ cm., déviation de 1 div. +

» » » : Sans interpos., déviation de 12 div. +

Dans toutes les expériences précédentes le liquide employé était de l'acide sulfurique très étendu (solution de $^1/_2$ °/o).

V. *Expériences avec des plaques de cuivre couvertes d'une couche mince d'oxyde de cuivre.*

a) Le liquide employé était de l'eau ordinaire.

Dist. Tube-électr. : 5 cm. Interpos. d'une plaque de laiton épaisse de 2 $^1/_2$ cm., déviation de 3 div. +

Dist. Tube-électr. : 5 cm. Interpos. d'une plaque de verre épaisse de 2 ½ cm., déviation de 2 div. +

» » » Interpos. d'une plaque de laiton épaisse de 1 cm., déviation de 4 div. +

» » » Sans interpos., déviation de 12 divisions. +

» » 6 cm. Sans interpos., déviation de 10 divisions. +

b) Le liquide employé était une solution de sulfate de cuivre de 10 %.

Dist. Tube-électr. : 3 cm. Sans interpos. d'un objet, déviation de 6 div. +

» » 6 cm. Sans interpos. d'un objet., déviation de 2 div. +

Je crois que la faible déviation observée dans ce cas s'explique par une très forte absorption des rayons Röntgen par la solution du sulfate de cuivre. Dans toutes les expériences précédentes, la fenêtre était fermée par une plaque d'aluminium de $^{12}/_{100}$ de millimètres d'épaisseur. Dans les expériences qui suivent, j'ai remplacé cette plaque par une série d'autres ayant un pouvoir d'absorption différent pour les rayons Röntgen. La distance du tube à l'électrode était de 3 ½ centimètres et je n'avais pas interposé d'objet absorbant fortement les rayons.

1. La fenêtre était une plaque d'Al. de $^{12}/_{100}$ mm d'épaisseur, déviation de 15 div. (avec changement de sens lorsque la durée de l'exposition était prolongée). +
2. » » » une plaque d'Al. de $^{103}/_{100}$ mm d'épaisseur, déviation de 10 div. +
3. » » » de Ni de $^{85}/_{100}$ mm d'épaisseur, déviation de 8 div. +
4. » » » de Cu de $^{95}/_{100}$ mm d'épaisseur, déviation 7 div. +

(2–4 : plus de changement de sens)

On voit donc aussi par cette expérience que l'intensité du courant produit par les effets actino-électriques des rayons Röntgen dépend de l'intensité du rayonnement auquel la plaque est exposée. Or, nous savons par les expériences de Roiti, de Hurmuzescu et Benoist et de quelques autres physiciens que les rayons Röntgen sont de nature complexe. Il serait donc intéressant de savoir si cette diminution de l'intensité, telle qu'elle a lieu dans les expériences qui précèdent, est provoquée par une absorption, c'est-à-dire un affaiblissement général du spectre des rayons Röntgen, ou si ce n'est qu'une partie des rayons d'une certaine longueur d'onde, par ex. les longueurs d'ondes les plus réfrangibles (donc d'après la théorie de Helmholtz les λ les plus grands) qui sont absorbés. Différentes circonstances m'ont malheureusement empêché d'exécuter ces expériences, mais je crois que leur réalisation pourrait se faire de la façon suivante : Admettons que la distance maxima d'illumination d'un écran fluorescent de platinocyanure de baryum soit la même pour deux tubes Crookes et égale à a mètres. Après avoir interposé entre chacun des tubes et l'écran une plaque d'aluminium de 1 mm. d'épaisseur, on trouvera pour le tube I une distance maxima d'illumination égale à b mètres et pour le tube II une distance maxima égale à c mètres. Supposons encore que nous trouvions b plus grand que c. On en conclura que les rayons Röntgen fournis par le tube I sont de longueur d'onde plus petite que ceux fournis par le tube II. Si donc on trouve, en répétant l'expérience avec l'appareil actino-électrique, que les effets du tube I sont plus forts ou plus faibles que ceux du tube I (en prenant comme pour la fenêtre la plaque d'aluminium ou un autre corps absor-

bant interposé auparavant entre le tube et l'écran), on sera renseigné sur la nature de la diminution de l'intensité du rayonnement.

En général, le courant photo-électrique cesse très rapidement après l'interruption du courant actionnant la grande bobine. Il n'y a d'exception qu'avec le courant secondaire de sens négatif, qui prend naissance quand le rayonnement est très fort, et qui disparaît plus lentement.

Les plaques d'argent recouvertes de leurs combinaisons halogénées s'épuisent assez vite, ce qui est en contradiction avec une observation de Becquerel qui trouvait que les plaques d'argent recouvertes de chlorure d'argent donnent assez longtemps un courant d'égale intensité quand on expose l'une des électrodes à la lumière.

En résumé : Il résulte de mes expériences que si *l'on plonge deux électrodes identiques dans un liquide et si l'on expose l'une de ces électrodes à l'action des rayons Röntgen, il se produit un courant électrique, qui va généralement de l'électrode exposée aux rayons X à l'autre électrode en passant par le circuit extérieur. L'intensité de ce courant augmente avec l'intensité du rayonnement qui frappe l'électrode.*

Si le rayonnement est assez intense, l'électrode exposée subit deux modifications (dans le cas des chlorures, bromures et iodures d'argent); l'une plus rapide, produit d'abord un courant de sens positif; la seconde plus lente, mais plus forte, provoque finalement un courant allant dans le sens opposé.

Quant à l'explication de ces effets des rayons Röntgen je ne crois pas qu'il s'agisse d'une simple dépolarisation des électrodes, polarisées par le faible courant qui se montre souvent au début et qui provient d'une très légère inégalité des électrodes ; car généralement le sens de

ce courant est opposé au sens du courant produit par l'effet actinique et dans d'autres cas, plus rares, il est de même sens, mais d'intensité plus faible. Je crois plutôt qu'il s'agit d'une transformation chimique des surfaces frappées (dans le cas de la lumière, on observe que l'effet des rayons bleus et violets est plus fort que celui des rayons jaunes). Il semble certain aussi que les rayons Röntgen agissent sur les couches gazeuses qui ont été absorbées par l'électrode. On peut supposer qu'ils les ionisent et dès lors il ne serait pas impossible que ces ions communiquassent directement une charge électrique à l'électrode sur laquelle ils prennent naissance.

RECHERCHES

SUR LE

NICKEL ET SES ALLIAGES

PAR

Ch.-Ed. GUILLAUME

(Avec la planche IV.)[1]

Dès le début des travaux exécutés par la Commission internationale du Mètre, on se préoccupa de réaliser, pour la construction des étalons, un alliage possédant la plus grande somme possible de qualités métrologiques. C'est alors que Sainte-Claire Deville créa le platine iridié à 10 pour 100 d'iridium, caractérisé par une grande dureté, une faible dilatation, un module d'élasticité élevé et une inaltérabilité absolue.

De plus, comme l'illustre chimiste l'avait présumé, la permanence de cet alliage est parfaite ou, plus exactement, les nombreuses mesures très précises faites depuis une vingtaine d'années n'ont pas conduit à un seul résultat autorisant à penser que cet alliage éprouve, dans le cours du temps, la moindre modification dans sa structure, ni le plus petit changement de volume.

Malheureusement, le prix élevé du platine et le prix plus élevé encore de l'iridium interdisent absolument l'emploi de ce bel alliage dans la construction des étalons

[1] Pour les figures, voir la planche IV dans le numéro d'avril des *Archives*.

dont le coût ne saurait dépasser quelques centaines de francs. C'est pourquoi on a eu recours à d'autres métaux ou alliages pour les étalons de second ordre, dans lesquels on cherche à concilier un certain nombre de qualités, dont plusieurs peuvent devenir tour à tour prépondérantes suivant l'usage auquel les instruments sont destinés.

D'une manière générale, l'invariabilité avec le temps est fondamentale. Mais, lorsqu'un étalon est destiné seulement à des mesures transitoires, et lorsqu'on peut en repérer fréquemment la valeur d'après un étalon de premier ordre, cette qualité peut devenir secondaire, et on pourra être conduit à lui préférer, entre certaines limites, une faible dilatation ou un module d'élasticité élevé. Tel est le cas, par exemple, des règles employées en Géodésie. La plupart des services nationaux sont outillés de manière à pouvoir déterminer, avant et après une campagne de quelques mois, la valeur des règles servant sur le terrain. Dans les opérations en plein air, les conditions de température sont mal définies, et une dilatation considérable introduit un important élément d'incertitude. Un alliage peu dilatable pourra alors être préféré à un autre alliage plus stable et se dilatant davantage. De plus, comme il convient de diminuer autant que possible la flexion des barres pour un poids imposé par les conditions du transport, on sera conduit à attribuer une importance assez grande à un module d'élasticité élevé.

La limite élastique qui est, pour le constructeur, un élément très caractéristique d'un métal, intéresse peu le métrologiste. Il suffit que la matière dont est formé un étalon ne soit pas trop fragile et puisse subir de *petites* déformations sans les conserver.

Dans les laboratoires, on devra se préoccuper de l'action des vapeurs acides ou du mercure, et l'on imposera, aux alliages choisis, un certain degré de résistance aux agents chimiques les plus ordinaires aussi bien qu'à l'humidité. La détermination précise des étalons nécessitant leur immersion dans l'eau, c'est l'oxydation que l'on devra avant tout éviter. Certaines précautions dans la manipulation des étalons s'imposeront d'elles-mêmes si l'on n'a pas réussi à concilier la résistance aux vapeurs acides avec l'ensemble des qualités que l'on a voulu donner à l'étalon. La question de prix et la facilité d'usinage sont naturellement décisives.

On a cherché, par divers procédés, à remplir le mieux possible les multiples conditions qui viennent d'être énumérées. Pour les étalons à bouts, que diverses raisons ont fait abandonner à peu près, une bonne solution consistait à munir leurs extrémités de pierres dures. Pour les étalons à traits, destinés à servir de repères pour une seule longueur, on incruste souvent, dans une barre d'un métal résistant, des chevilles d'or ou de platine iridié portant le tracé. Le support peut être en bronze ou en fer, protégé au besoin par une couche de peinture.

Lorsque les règles doivent être divisées, on insère parfois, dans toute la longueur de la barre, généralement en laiton ou en bronze, une bande d'or ou d'argent. Les règles de ce système sont nombreuses et constituent des étalons de second ordre assez satisfaisants.

Cependant, l'incrustation présente des inconvénients. Souvent les deux métaux assemblés ne sont pas suffisamment adhérents, et la bande rapportée ne suit pas toutes les variations de la barre. On a constaté, en particulier avec les règles portant une bande d'or, des variations

progressives de longueur indiquant que la lame a une tendance à suivre mieux les variations de la règle dans un sens que dans l'autre. Chaque variation de la température produit alors un changement dans la distance des traits, dont on ne peut jamais garantir la valeur exacte.

D'un autre côté, l'argent se ternit assez vite, jaunit ou noircit en se sulfurant, et, comme l'or, est très sensible à l'attaque du mercure. Une règle à bande d'argent nécessite d'assez fréquents nettoyages qui usent les traits et modifient peu à peu la position de leur axe.

C'est en l'absence d'une solution entièrement satisfaisante de la règle-étalon de second ordre, que le Comité international de Poids et Mesures décida d'inscrire la question du perfectionnement de ces règles au programme du Bureau international.

Chargé plus spécialement de ce travail, je m'assurai d'abord, par quelques expériences rapides, qu'il y avait lieu de renoncer à l'emploi des laitons et des bronzes, y compris le bronze phosphoreux et le bronze d'aluminium pour la construction des règles avec tracé direct. Je poussai alors mes recherches du côté du nickel et de ses alliages avec le cuivre. Là, les résultats furent plus encourageants et conduisirent à une construction nouvelle des règles, soit en nickel pur, soit en bronze blanc, qui réalisait un progrès marqué sur les procédés antérieurs.

En cherchant à perfectionner encore les étalons en vue d'usages particuliers, je fus conduit à étudier quelques aciers au nickel, et je fus assez heureux pour découvrir une singulière anomalie qui présente une certaine importance au double point de vue de la théorie et de la pratique, et que je m'attachai à étudier en détail. C'est à cette étude que sera consacrée la deuxième partie de ce

travail. Dans la première, j'indiquerai les résultats des mesures antérieures sur le nickel et quelques-uns de ses alliages avec le cuivre [1].

PREMIÈRE PARTIE

Nickel et bronze blanc

Les premières recherches ont porté sur des barres de nickel pur du commerce et d'un alliage contenant environ 35 pour 100 de nickel et 65 pour 100 de cuivre fournies par la *Société du ferro-nickel*, à Paris.

La fabrication régulière des règles de nickel ou de bronze blanc ayant été entreprise bientôt après la publication de mes recherches par la *Société genevoise pour la construction d'instruments de physique*, j'eus, à diverses reprises l'occasion d'examiner des barres provenant de la même source, ou livrées par la maison *Basse et Selve* à Altena ou par la *Société française du nickel* à Paris. Le bronze au nickel de la maison Basse et Selve contient 40 pour 100 de nickel; il est surtout employé, sous le nom de *constantan*, pour la construction des rhéostats, en raison de la très faible variation thermique de sa résistance électrique.

[1] Les premiers résultats ont été communiqués au Comité international de Poids et Mesures dans sa session de 1892. Les recherches sur les aciers au nickel lui ont été soumises dans sa session de 1897. Les rapports relatifs à ces deux séries de recherches ont été insérés dans les *Procès-Verbaux du Comité* (Paris, Gauthier-Villars) pour ces deux sessions. Les *Archives* ont donné un résumé de mes premières recherches sur les aciers au nickel, d'après une conférence faite par M. le Dr Hirsch à la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel.

Le nickel et le bronze blanc sont susceptibles d'un très beau poli. Le microscope y révèle, il est vrai, de nombreuses piqûres, mais, dans la plupart des barres, elles sont assez petites pour ne pas nuire à la valeur métrologique de l'étalon. Sur les recommandations faites par le Bureau international, les fabricants se sont attachés à faire disparaître ces piqûres par des procédés chimiques ou mécaniques, et nous avons pu observer que la qualité du métal est allée en s'améliorant d'année en année. Les bronzes blancs sont généralement moins piqués que le nickel; mais ils ont le défaut plus grave d'être souvent pailleux, ou de renfermer des cavités que l'on met à découvert au rabotage, et qui ont obligé à rebuter des barres sur lesquelles un assez gros travail d'atelier avait déjà été fait.

A l'air, le nickel et les bronzes blancs conservent indéfiniment leur poli. Le nickel reste intact aussi dans la vapeur d'eau bouillante, mais le bronze blanc y subit une très légère attaque, se manifestant par des traînées verdâtres d'ailleurs peu marquées. Bien que moins résistant que le nickel, cet alliage l'est encore très suffisamment pour tous les usages auxquels les règles-étalons sont généralement destinées.

Le recuit à 100° n'a pas produit de variations mesurables dans les règles en nickel. Certaines règles en bronze blanc se sont raccourcies, mais seulement d'une très faible quantité, 2 à 3 μ par mètre. Il y a donc quelque intérêt à les vieillir artificiellement, avant leur détermination, par un recuit à 100° ou 150°, suivi d'un refroidissement très lent.

Les mesures de dilatation et d'élasticité ont conduit aux résultats suivants :

Elasticité.

Désignation des barres	Modules en tonnes par mm²
Nickel forgé (Société du Ferro-nickel, 1891)	21,7
Nickel étiré (Basse et Selve, 1892)	21,2
Nickel étiré (Société française du nickel, 1895)	21,1
Nickel étiré et raboté (idem.)	21,5
Bronze blanc à 35 °/₀ Ni (Soc. du Ferro-Nickel)	15,5
Bronze blanc à 40 °/₀ Ni (Basse et Selve)	17,3

Dilatation.

Désignation des barres	Dilatation moyenne entre 0° et θ°
Nickel (Société du Ferro-Nickel, 1891)	$\alpha = (12,655 + 0,00550\,\theta)10^{-6}$
Nickel (Société française du nickel, 1891)	$\alpha = (12,523 + 0,00661\,\theta)$ »
Nickel (Basse et Selve)[1]	$\alpha = (12,491 + 0,00702\,\theta)$ »
Nickel (Société du Ferro-Nickel, 1895)[1]	$\alpha = (12,493 + 0,00790\,\theta)$ »
Nickel (Société française du nickel, 1895)[1]	$\alpha = (12,551 + 0,00542\,\theta)$ »
Bronze blanc à 35 °/₀ Ni	$\alpha = (14,666 + 0,00554\,\theta)$ »
Bronze blanc à 40 °/₀ Ni[1]	$\alpha = (14,479 + 0,00448\,\theta)$ »

L'inspection de ces tableaux montre que le nickel de diverses provenances est de qualité très uniforme ; il possède une remarquable rigidité, qui diffère peu d'un échantillon à l'autre, quel que soit le traitement subi. L'écrouissage, qui recule beaucoup la limite élastique, élève très peu le module. Quant à la dilatation, elle est représentée, pour les quatres barres les plus récentes, par des formules sensiblement équivalentes, desquelles on déduit les allongements suivants en microns par mètre exprimés, comme les formules d'où ils sont déduits, dans l'échelle du thermomètre à hydrogène.

[1] Règles terminées par la Société Genevoise.

Températures	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	Allongement
10°	125,9	125,6	125,7	126,0	125,8
20	253,1	252,6	253,0	253,2	253,0
30	381,6	381,1	381,9	381,4	381,5
40	511,5	510,9	512,4	510,7	511,4

On voit que l'emploi d'une formule moyenne conduirait, pour la réduction de 30° à 0°, à des incertitudes ne dépassant pas 0,4 μ.

L'addition du nickel au cuivre élève son module d'élasticité et abaisse sa dilatation à peu près suivant la loi des mélanges.

Au point de vue de ces deux propriétés, les alliages nickel-cuivre se comportent donc, dans les limites étroites entre lesquelles j'ai opéré, approximativement comme un mélange dans lequel chacun des composants apporte ses qualités particulières. Mais il ne faudrait pas généraliser. Dans le mélange de nickel et de cuivre, certaines propriétés des composants disparaissent, le magnétisme du premier et la couleur du second, par exemple.

Ces anomalies, connues depuis longtemps, sont assurément singulières. Elles le sont moins cependant que celles des mélanges de fer et de nickel auxquels sera consacrée la suite de cette étude.

DEUXIÈME PARTIE

Aciers au nickel

Le nom donné aux alliages industriels de fer, de nickel et de quelques autres métaux ou métalloïdes incorporés à la masse pour lui communiquer des qualités mécaniques acceptables a été discuté par quelques au-

teurs. L'impossibilité de durcir la plupart des alliages par la trempe a conduit plusieurs personnes à leur refuser le nom d'*aciers*.

J'ai cru cependant devoir le conserver pour me conformer à l'usage qui prévaut parmi les métallurgistes, et parce que, au point de vue chimique, l'ensemble ajouté au nickel pur, pour former un alliage, a la composition d'un acier fin. Les alliages sur lesquels ont porté mes essais contiennent, en effet, des quantités variables de carbone, de silicium et de manganèse, qui, dans leur totalité, atteignent généralement ou dépassent même 1 pour 100.

Tous les aciers au nickel, au nombre de plus de quarante, que j'ai été conduit à étudier, ont été préparés dans les aciéries d'Imphy, appartenant à la Société de Commentry-Fourchambault et dirigées par M. J. Adenot. C'est à la libéralité de M. H. Fayol, directeur général et L. Dumas, secrétaire général de cette Société, que je dois d'avoir pu mener à bien cette étude, pour laquelle tous les alliages qui paraissaient présenter un certain intérêt ont été faits et analysés à Imphy, et fournis gratuitement au Bureau international, en barres de plus d'un mètre de longueur.

On sait, depuis plus de dix ans, que certains alliages de fer et de nickel ne sont pas magnétiques. Ces alliages, relativement doux, sont couramment employés dans l'industrie. Le D[r] John Hopkinson montra, le premier, qu'ils passent généralement à l'état magnétique et deviennent beaucoup plus secs lorsqu'on les refroidit suffisamment. Un même échantillon d'un de ces alliages est, suivant M. Hopkinson, moins dense à l'état magnétique qu'au premier état. On revient à celui-ci en portant l'alliage au rouge.

Plusieurs alliages de fer et de nickel ont aussi été étudiés par M. H. Le Chatelier, M. Osmond, M. A. Le Chatelier, M. G. Charpy. Enfin, la Société d'encouragement de Berlin a fait une étude d'ensemble d'un certain nombre de ces alliages.

C'est une de leurs anomalies non encore signalée qui attira notre attention sur leurs singulières propriétés. En mars 1895, M. le Dr Benoît, directeur du Bureau international de Poids et Mesures, découvrit qu'une barre d'acier au nickel contenant 22 pour 100 de nickel et 3 pour 100 de chrome, se dilatait un peu plus qu'une barre de bronze à laquelle il la comparait. Sa dilatation était donc d'un bon tiers plus forte que celle qui eût résulté de la loi des mélanges. M. Benoît voulut bien m'associer à l'étude de cet alliage sur lequel nous essayâmes de produire les transformations découvertes par M. Hopkinson, mais sans y parvenir.

Nous avions abandonné ces recherches, qui ne semblaient pas devoir conduire à un perfectionnement quelconque dans la construction des étalons lorsque, en mai 1896, j'eus l'occasion de mesurer la dilatation d'une barre contenant 30,4 pour 100 de nickel. Cette barre se trouva être deux fois moins dilatable que ne l'indiquait la loi des mélanges.

J'entrepris alors de suivre cette anomalie en vue des applications pratiques qui pouvaient en résulter, mais l'étude de quelques autres propriétés des alliages s'imposa dès le début. Presque toutes les particularités des aciers au nickel sont liées à leur état magnétique, et sont des fonctions bien déterminées de cet état. Il convient donc de bien se rendre compte des lois qui régissent les modifications de la perméabilité des aciers avant d'aborder toute autre étude.

Propriétés magnétiques.

Pour l'étude des transformations magnétiques, le barreau à examiner était suspendu à une balance en bois, et plongeait dans une chaudière en laiton, posée sur une pièce polaire d'un électro-aimant, et remplie, suivant les températures, d'huile, d'eau ou d'alcool. On mesurait la force d'arrachement en même temps que la température du bain. La plupart des expériences ont été faites à température lentement descendante; quelques-unes ont été répétées à température ascendante.

Dans les méthodes d'arrachement, l'effort que l'on mesure est sensiblement proportionnel au carré de la perméabilité lorsqu'elle est très faible. Lorsqu'elle augmente, l'effort du barreau, s'il est libre par un bout, tend vers une limite à cause de la force démagnétisante, et on ne peut plus en tirer aucune conclusion sur la variation de la perméabilité.

Cette méthode a, en revanche, l'avantage de mettre en jeu des efforts considérables, et d'indiquer assez nettement l'allure des phénomènes au voisinage de la perte totale du magnétisme.

Ces expériences ont montré que, au point de vue des propriétés magnétiques, les aciers au nickel ne renfermant, en dehors du fer et du nickel, que de petites quantités de carbone, de silicium et de manganèse se divisent en deux catégories bien distinctes. Les premiers, contenant de 0 à 25 pour 100 de nickel environ, et qui semblent compris assez exactement entre les formules Fe et Fe^3Ni sont *irréversibles*, en ce sens qu'à une même température ils peuvent exister à deux états essentiellement dif-

férents suivant le cycle des températures antérieures; ils décrivent, entre certaines limites de température, même pour de très faibles écarts, des chemins entièrement différents à température ascendante et descendante.

Lorsque ces alliages sont chauffés, ils perdent leur magnétisme graduellement entre deux températures qui sont comprises, pour tous les alliages, entre le rouge naissant et le rouge-cerise. Lorsqu'on les refroidit, ils repassent par les mêmes températures sans redevenir magnétiques, et ne reprennent leur premier état qu'à une température inférieure à celles entre lesquelles s'est produite la perte du magnétisme. Le retour au premier état est graduel, et les températures entre lesquelles il s'effectue sont d'autant plus basses que l'alliage est plus riche en nickel. Pour l'alliage à 24 pour 100, la transformation débute un peu au-dessous de zéro.

Les aciers d'une teneur supérieure à 25 pour 100 sont réversibles, et possèdent, à chaque température, des propriétés magnétiques qui, *en première approximation*, ne dépendent que de la température actuelle. Toutefois, les alliages dont la teneur est très peu supérieure à 25 pour 100, se comportent d'une façon un peu différente après avoir été chauffés ou refroidis; ils semblent contenir des traces d'un alliage irréversible entre des températures moins distantes que celles entre lesquelles les précédents alliages peuvent se présenter sous les deux états.

Pour tous ces alliages, la courbe représentant les efforts d'arrachement a la même allure. A température ascendante, elle débute par un palier qui aboutit à un coude A (fig. 1), où commence une descente assez rapide s'étendant sur une cinquantaine de degrés. Peu avant d'arri-

ver sur l'axe des abscisses, la courbe s'infléchit en B, et descend ensuite très lentement. Aux températures supérieures à celle du deuxième coude, l'alliage est faiblement magnétique, et, si l'on s'en tient à une première approximation, on pourra caractériser le phénomène en prolongeant jusqu'à l'axe des abscisses la partie rapidement descendante de la courbe, et considérer le point d'intersection C avec l'axe, comme la température de perte totale du magnétisme. C'est ce point au-delà duquel une méthode peu sensible ne donnerait plus aucune indication.

Les températures de perte du magnétisme, calculées comme il vient d'être dit sont bien représentées, en fonction de la teneur en nickel, par la formule :

$$\theta = 34{,}1(n - 26{,}7) - 0{,}80(n - 26{,}7)^2$$

dans laquelle n indique la teneur en nickel en centièmes. Mes expériences n'ont pu être poussées au-delà de 320°, et j'ai dû renoncer à déterminer la température de transformation des alliages d'une teneur supérieure à 40 pour 100.

Le chrome, introduit dans les aciers au nickel irréversibles, abaisse leur température de transformation magnétique. J'ai déjà dit que nous avions vainement essayé, dans les expériences auxquelles M. le Dr Benoît avait bien voulu m'associer, de produire la transformation d'un acier à 22 pour 100 de nickel et 3 pour 100 de chrome. J'eus plus tard l'occasion de remettre un échantillon de cet alliage à M. le professeur J. Dewar qui eut la grande obligeance de le plonger dans l'air liquide. Cet alliage

resta non magnétique, même à la température de — 182°, à laquelle il fut soumis[1].

M. E. Dumont qui a déterminé la perméabilité d'un alliage contenant 35,7 pour 100 de nickel et 1,6 de chrome, a trouvé qu'elle disparaît à une température plus basse que ne l'indiquerait la formule relative aux aciers au nickel non chromés. J'ai reconnu que l'effet est de sens contraire lorsqu'on ajoute du chrome aux alliages réversibles les moins riches en nickel.

Changements de volume.

Les changements de volume qu'éprouvent les aciers au nickel sont de deux espèces bien distinctes. Les alliages que leurs propriétés magnétiques ont fait désigner sous le nom d'*irréversibles* éprouvent aussi, entre certaines limites, des changements d'une nature absolument différente à température ascendante et à température descendante. Les alliages de la deuxième catégorie se dilatent ou se contractent en suivant toujours sensiblement le même chemin, mais d'après des lois bien différentes de celles qui régissent les mouvements des autres métaux ou alliages.

La dilatation de la plupart des alliages étudiés a été mesurée à l'aide du comparateur bien connu du Bureau international. J'ai fait, pour la plupart des règles, six séries de mesures à des températures comprises entre 0° et 38°. On a déduit de ces mesures des formules à deux termes qui seront données plus loin.

[1] Cette action du chrome, découverte dans les aciéries d'Imphy, a conduit à établir un alliage extrêmement tenace, connu dans l'industrie métallurgique sous la désignation NC4.

Mais, pour se rendre compte des variations de volume accompagnant les transformations magnétiques, il était nécessaire d'opérer dans des limites de température bien plus étendues. On pouvait d'ailleurs se contenter d'une précision moindre.

Pour ces mesures sur les alliages des deux catégories, j'ai employé le dispositif suivant (fig. 2) : Une règle de laiton, munie à l'une de ses extrémités d'une petite réglette à biseau portant une division, est fixée par l'autre extrémité, au moyen d'une forte vis, à la barre dont on veut connaître la dilatation. La réglette empiète sur la barre qui porte, en regard de la division, un trait servant d'index. Les deux règles sont libres de se dilater, et leurs changements relatifs de longueur sont donnés par le mouvement de la réglette devant l'index. Connaissant la loi de la variation de la règle de laiton, on en déduit celle de la barre d'acier.

Il ne m'a pas encore été possible de déterminer la dilatation de la première dans tout l'intervalle de température dans lequel j'ai opéré, et j'ai admis provisoirement que la formule trouvée pour un intervalle de 38 degrés, et contrôlée par les mesures faites par M. Benoît au moyen de l'appareil Fizeau sur un intervalle double pouvait être extrapolée sans erreur sensible. Cette lacune sera, je l'espère, comblée plus tard. Si les résultats absolus de mes mesures aux températures extrêmes comportent encore une légère incertitude, les résultats relatifs, c'est-à-dire les différences entre les mouvements des divers alliages ne participent pas à l'erreur possible de l'extrapolation. On verra d'ailleurs que ces mouvements sont très considérables et sont absolument caractérisés dans leurs traits essentiels par les mesures dont les résultats seront

indiqués dans la suite. L'incertitude de l'extrapolation, dont il faudrait tenir compte au point de vue métrologique, disparaît complètement si l'on considère les phénomènes sous leur aspect physique.

Suivant les conditions de température des expériences, les règles étaient placées dans une auge horizontale remplie d'eau ou d'alcool, ou dans une cuve verticale pleine d'huile et munie d'un agitateur et d'un thermomètre. Dans le premier cas, les barres étaient entièrement plongées dans le liquide, dans le second, elles émergeaient de la quantité strictement nécessaire à la lecture. On pointait la position du repère en fonction de la division de la règlette au moyen d'un microscope muni d'un micromètre.

La cuve verticale était entourée d'un tube enfermant un manchon d'air ; on la chauffait au moyen d'un fourneau à gaz. L'auge remplie d'alcool a été refroidie jusqu'à — 60° par de l'acide carbonique.

Ces dernières expériences nécessitaient le plus souvent une surveillance assidue et le concours de deux opérateurs. M. Louis Maudet m'a assisté avec beaucoup de dévouement dans ce travail parfois pénible, et a fait la majeure partie des calculs de réduction de mes mesures. Son concours m'a été d'autant plus précieux qu'il était souvent nécessaire de posséder, immédiatement après une expérience, une valeur approchée de son résultat, afin de décider sans retard la marche subséquente des mesures suivant le plus ou moins de complexité des phénomènes dans la région où l'on opérait.

Étude des alliages irréversibles.

Cette étude a été faite en majeure partie par le

deuxième procédé de mesure. On a trouvé ainsi que, pendant que les alliages irréversibles reprennent graduellement leur magnétisme par le refroidissement, ils augmentent de volume *graduellement* aussi et *d'une manière irréversible.* Les expériences destinées à étudier cette variation de volume étant assez longues et délicates, je me suis borné, pour le moment, à l'examen complet d'un seul alliage contenant 15 pour 100 de nickel. D'autres alliages ont été soumis à des études partielles qui ont confirmé les résultats obtenus sur le premier et montré que, si l'on s'en tient aux traits généraux du phénomène, on peut l'identifier dans les divers alliages. La différence essentielle consiste en ce que la transformation au refroidissement débute d'autant plus bas et se produit d'autant plus rapidement que l'alliage contient plus de nickel.

Pour mesurer ses variations, la barre d'alliage à étudier était d'abord chauffée au rouge dans un four spécial, les deux extrémités émergeant seules. Il était important, en effet, de ne pas les chauffer trop, pour ne pas détériorer le pas de vis à un bout et les traits de repère à l'autre bout. Lorsqu'on avait constaté, au moyen d'un aimant, qu'à l'exception de quelques centimètres à chaque bout, la barre était à l'état non magnétique, on la retirait du four avec des pinces préalablement chauffées, on ajustait rapidement la règle de laiton et on plongeait le tout dans le bain d'huile à 200°. Dès que l'équilibre de température était établi, on commençait à mesurer les différences des deux règles, en laissant la température baisser très lentement. On réchauffait ensuite pour constater si l'on était resté dans la partie réversible de la variation. On a pu ainsi, dans quelques séries de mesures,

descendre lentement jusqu'à la température du laboratoire. Dans chaque série, on réchauffait à partir d'un certain point de la transformation, afin de mesurer la dilatation correspondant à un état déterminé de l'alliage. On a terminé ces expériences en plaçant les barres dans un bain d'eau que l'on a refroidi jusqu'à 0°; puis on a refait une chauffe dans l'huile, après laquelle les barres ont été refroidies dans l'alcool. La dilatation a été déterminée encore après cette opération.

Le diagramme (fig 3) représente les variations de la règle d'acier, les températures étant portées en abscisses, les longueurs en ordonnées. Les lignes continues se rapportent à la région observée, les lignes pointillées ont été tracées par extrapolation, afin de rendre les phénomènes plus évidents.

Lorsque, partant du rouge cerise naissant, on laisse refroidir la barre, elle se contracte suivant la ligne sensiblement droite, AB. Près de 130°, la ligne s'incurve vers le haut, la règle s'allonge en se refroidissant, et la grandeur de sa variation atteint bientôt 40 μ par degré. Si alors on réchauffe la barre, elle ne revient pas le long de la courbe suivie à température descendante, mais se dilate en suivant une ligne telle que CD. Si on continue à refroidir, la barre revient au point D et reprend immédiatement sa marche le long de la courbe. On pourra faire suivre ainsi à la barre successivement des droites telles que AB ou CD, ou une courbe d'allongement BD. A la température de — 60°, la règle de l'alliage à 15 pour 100 de nickel n'était pas encore complètement transformée. Toutefois, la forme de la courbe obtenue par un refroidissement progressif indique que la variation était presque achevée. Le coefficient de dilatation après la dernière transformation était de $10{,}47.10^{-6}$.

Si nous suivons les lignes correspondant aux divers réchauffements de la règle, nous voyons qu'elles ne sont pas loin de converger au même point qui est, autant que l'on en puisse juger, situé un peu au-dessus du point supérieur de la transformation. Il est probable que les droites de dilatation aboutissent à une courbe peu étendue sur laquelle se produit la transformation progressive supérieure. Le passage à l'état non magnétique a lieu ainsi avec une variation de volume très faible.

Tandis que, au refroidissement, la barre suit toujours la moins inclinée des droites dont elle a atteint la partie inférieure le long de la courbe directrice, après un réchauffement jusqu'à la transformation supérieure elle revient par la droite la plus inclinée dont elle a atteint l'extrémité supérieure. L'état de l'alliage est pour ainsi dire aiguillé au croisement des droites et des courbes.

J'ai dit que, lorsqu'on refroidit l'alliage, il suit la courbe d'allongement par transformation aussitôt qu'il la rejoint. Cette règle n'est pas rigoureuse. Aux températures *basses*, j'ai observé dans l'alliage 15, et plus encore dans une règle contenant 24 pour 100 de nickel, les retards singuliers que voici : Lorsque la barre, ayant été refroidie jusqu'à une certaine température, est ensuite chauffée de quelques degrés, puis refroidie de nouveau, elle traverse parfois la courbe sans la suivre et continue à se contracter en suivant exactement la droite le long de laquelle elle était revenue au point de départ. On peut descendre ainsi, dans certains cas, d'une quinzaine de degrés sans observer aucune déviation de cette droite. Puis, subitement le mouvement se produit, et, *en quelques secondes, la règle s'allonge de plusieurs dixièmes de millimètre*, atteignant parfois le point où elle serait arrivée à la même

température en suivant la courbe, mais restant le plus souvent au-dessous. Nous nous trouvons ici en présence d'un phénomène analogue à la surfusion, à une rupture complète de l'équilibre auquel on revient brusquement, probablement par une onde courant rapidement le long de la barre, comme dans la cristallisation qui met un terme au faux-équilibre. Il est remarquable qu'un phénomène de cette nature puisse se produire dans un solide à basse température; j'essayerai d'en esquisser plus loin la théorie.

La variabilité de la dilatation des aciers irréversibles diminue beaucoup l'intérêt que pourraient présenter les mesures de dilatation par le comparateur. J'ai fait, au début, des expériences précises pour la connaître, mais les nombres trouvés ne correspondent qu'à un état bien déterminé des règles, et ces nombres n'ont pas grande valeur si cet état n'est pas parfaitement défini. Deux états seulement peuvent être indiqués d'une façon précise, ce sont ceux qui correspondent aux extrémités de la courbe de transformation. La dilatation de quelques alliages a pu être mesurée dans ces conditions, en particulier celle de deux alliages chromés à l'état non magnétique et celle d'un alliage contenant 5 pour 100 de nickel dans l'état complètement magnétique. Les nombres trouvés pour ces divers alliages seront donnés plus loin.

Si l'on porte en ordonnées les valeurs des dilatations, les abscisses étant les teneurs en nickel, on obtient un réseau de courbes dont chacune correspond à une température déterminée atteinte par les alliages. Faisant abstraction de la transformation supérieure, que tous les alliages ont nécessairement subie complètement dans les chauffes faites en vue du forgeage, nous pouvons suppo-

ser qu'ils aient été refroidis jusqu'à une certaine température, et étudiés seulement à des températures plus élevées. Si cette température est, pour tous les alliages, supérieure au début de la deuxième transformation, ils auront tous une dilatation élevée, et peu différente d'un alliage à l'autre. Si l'on abaisse la température, les alliages les moins riches en nickel se transformeront les premiers, et leur dilatation deviendra plus faible, tandis que celle des autres alliages conservera la même valeur. Plus on augmentera le nickel, plus l'aire des faibles dilatations s'étendra vers la droite, et si, comme je l'avais fait dans mes premières expériences, on amène tous les alliages à 0°, les faibles dilatations s'étendront jusqu'au voisinage de 20 pour 100, et les dilatations caractéristiques d'un état faiblement magnétique seront limitées à une région très peu étendue. Si, enfin on amène les alliages à des températures très basses, ils atteindront tous l'état complètement transformé, et toute anomalie de dilatation disparaîtra.

La figure 4 peut donner une idée du phénomène. Au début, toutes les courbes se confondent en AB, à la fin en CD. Entre ces deux températures extrêmes, on rencontre un groupe d'alliages en voie de transformation, et dont le retour à l'état magnétique est d'autant plus avancé qu'ils contiennent moins de nickel. C'est à ces alliages que correspondent les courbes θ_1, θ_2. θ_3,... qui aboutissent aux courbes correspondant aux deux états extrêmes, et qui indiquent la dilatation des alliages amenés tous préalablement aux températures θ_1, etc.

Voici les formules de dilatation trouvées pour quelques alliages irréversibles à des états bien définis.

Alliage à 5 pour 100 de nickel, complètement magnétique :

$$\alpha = (10{,}529 + 0{,}0058\,\theta)\,10^{-6}$$

Alliages chromés non transformables aux températures ordinaires :

$$16{,}2 \text{ Ni} + 2{,}5 \text{ Cr. } ^{0}/_{0} \quad \alpha = (19{,}496 + 0{,}0043\theta)\,10^{-6}$$
$$21{,}3 \text{ Ni} + 3{,}0 \text{ Cr. } ^{0}/_{0} \quad \alpha = (18{,}180 + 0{,}0043\theta)\,10^{-6}$$

Le premier des alliages chromés est plus dilatable que les laitons ordinaires. Le deuxième est analogue à celui qu'avait étudié M. Benoît.

Étude des alliages réversibles.

L'étude de tous les alliages de cette catégorie a été faite à l'aide du comparateur. Comme ils possèdent en effet, des propriétés bien déterminées à chaque température, il y avait lieu de leur appliquer un procédé de mesure précis. Une partie des expériences ont été répétées par la deuxième méthode, qui a permis de trouver de curieuses relations entre les variations de volume et les transformations magnétiques.

Le tableau suivant contient une partie des formules de dilatation établies, pour les alliages réversibles, entre 0° et 38°.

Teneurs pour 100 Ni	Coefficients de la dilatation moyenne entre 0 et θ° [1]
26,2	$(13{,}103 + 0{,}02123\,\theta)\,10^{-6}$
27,9	$(11{,}288 + 0{,}02889\,\theta)$ »
28,7	$(10{,}387 + 0{,}03004\,\theta)$ »
30,4	$(4{,}570 + 0{,}01194\,\theta)$ »
31,4	$(3{,}395 + 0{,}00885\,\theta)$ »
34,6	$(1{,}373 + 0{,}00237\,\theta)$ »
35,6	$(0{,}877 + 0{,}00127\,\theta)$ »
37,3	$(3{,}457 - 0{,}00647\,\theta)$ »
39,4	$(5{,}357 - 0{,}00448\,\theta)$ »
44,4	$(8{,}508 - 0{,}00251\,\theta)$ »

[1] Echelle du thermomètre à hydrogène.

Teneurs pour 100 Ni	Coefficients de la dilatation moyenne entre 0 et θ°
Nickel pur [1]	$(12,514 + 0,00674\,\theta)\,10^{-6}$
34,8 + 1,5 Cr.	$(3,580 - 0,00132\,\theta)$ »
35,7 + 1,7 Cr.	$(3,373 + 0,00165\,\theta)$ »
36,4 + 0,9 Cr.	$(4,433 - 0,00392\,\theta)$ »

Ces formules montrent que les alliages réversibles possèdent une dilatation qui varie dans de très larges limites suivant leur teneur en nickel. Les plus voisins de la première catégorie se dilatent un peu plus que le nickel, puis le terme principal de la formule diminue rapidement, et passe, non loin de 28 pour 100, au-dessous de la valeur que lui assignerait la loi des mélanges. A partir de cette teneur, et jusqu'au delà de 45 pour 100, nous avons une anomalie négative de dilatation dont le minimum se produit entre 35 et 36 pour 100. *Les alliages de cette teneur peuvent posséder une dilatation dix fois plus faible que celle du platine et plus de vingt fois plus faible que celle du laiton.*

Bien que nous devions y revenir avec des documents plus complets, nous pouvons analyser déjà la marche singulière du deuxième terme de la formule. Très fort pour les premiers alliages, il passe par une valeur maxima entre 28 et 29 pour 100, puis diminue, devient même négatif près de la valeur minima du premier terme et remonte ensuite vers zéro. La courbe qui représente les valeurs de ce deuxième terme en fonction de la teneur coupe l'axe des abscisses en deux points, l'un près de 36 pour 100, l'autre un peu au delà de 45 pour 100,

[1] L'alliage commercial désigné sous ce nom contient souvent plus de 98 % de nickel, 1 % environ de cobalt et divers autres corps.

et qui correspondent à deux alliages dont la dilatation est une fonction linéaire de la température, au moins entre les limites des expériences faites au comparateur.

Il y aura lieu de revenir sur les applications que les très faibles dilatations de quelques-uns de ces alliages permettent de prévoir.

J'ajouterai que les nombres du tableau ne doivent pas être considérés comme absolus. La dilatation n'est pas une fonction de la teneur seulement ; elle dépend en outre de l'état de recuit ou d'écrouissage des barres. La trempe adoucit les aciers au nickel réversibles, et abaisse en même temps leur dilatation. L'étirage succédant à la trempe produit une nouvelle diminution, de telle sorte que l'on peut, avec un même lingot, obtenir une série de barres dont la dilatation varie presque du simple au double au voisinage des moins dilatables. La dilatation peut aussi être modifiée par certains procédés de fusion ou de coulée ; mais ce sont des questions de métallurgie sur lesquelles il n'y a pas lieu d'insister ici.

Les mesures faites par comparaison avec la barre de laiton, et qui ont atteint, pour la plupart des règles, des températures supérieures à 220°, ont montré que la loi de dilatation des alliages trouvée au comparateur est susceptible d'être extrapolée jusqu'au voisinage du point à partir duquel la diminution du magnétisme devient très lente. En cet endroit, la dilatation augmente rapidement et atteint, une cinquantaine de degrés plus haut, une nouvelle valeur correspondant à l'alliage entièrement dépourvu de magnétisme. Les allongements en fonction de la température sont représentés, au début, par une ligne à peu près droite et faiblement ascendante, aboutissant à une courbe fortement concave vers le haut,

qui se termine elle-même dans une nouvelle droite. Les deux segments approximativement rectilignes sont tangents à la courbe à ses deux extrémités.

Le diagramme des dérivées de cette première figure se compose de trois droites dont deux, faiblement inclinées sont reliées par la troisième possédant une forte inclinaison.

Les figures 5 et 6 représentent l'ensemble des relations que je viens d'indiquer. Le premier diagramme contient les dilatations vraies en fonction des teneurs, pour les températures de 0°, 50°, 100°, 150° et 200°. Le point de croisement des quatre premières courbes correspond au premier alliage à dilatation linéaire. On voit en outre que l'écartement des courbes varie beaucoup d'un point à un autre. Un écartement considérable correspond à la région de forte augmentation de la dilatation dans les limites de température auxquelles les courbes se rapportent.

Le second diagramme, dans lequel, pour simplifier, un petit nombre seulement d'alliages ont été portés, montre le passage graduel de la région de variation de gauche à droite à mesure que la teneur en nickel s'élève. Les alliages les moins dilatables, réservés pour d'autres expériences, n'ont pas été étudiés jusqu'ici à des températures élevées. Pour les alliages contenant 39 et 44 pour cent de nickel, la région de variation se trouve hors des limites du diagramme.

Voici quelques-unes des formules provisoirement établies pour représenter les dilatations de divers alliages. Ces formules pourront encore subir de petites corrections.

Teneur en nickel pour 100	Limites	Dilatations vraies à $\theta°$	
30,4	0° à 110°	$[4,570 + 0,0235\ (\theta - 0)]$	10^{-6}
	110 à 164	$[7,15 + 0,104\ (\theta - 110)]$	»
	164 à 220	$[12,60 + 0,008\ (\theta - 164)]$	»
31,4	0 à 122	$[3,395 + 0,015\ (\theta - 0)]$	»
	122 à 182	$[5,25 + 0,128\ (\theta - 122)]$	»
	182 à 220	$[13,00 + 0,036\ (\theta - 182)]$	»
34,6	0 à 142	$[1,373 + 0,00474 (\theta - 0)]$	»
	142 à 220	$[2,05 + 0,065\ (\theta - 142)]$	»
37,3	0 à 150	$[3,457 - 0,0072\ (\theta - 0)]$	»
	150 à 220	$[2,37 + 0,011\ (\theta - 150)]$	»

Ce qui vient d'être dit explique la singulière variation du deuxième terme des formules trouvées au comparateur. Aux températures pour lesquelles ces formules ont été établies, les premiers alliages se trouvent dans la dernière partie de leur transformation magnétique, à laquelle correspond la portion fortement concave de la courbe des allongements.

(*A suivre.*)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

DAVID-K. MORRIS. THE MAGNETIC PROPERTIES AND ELECTRIC RESISTANCE OF IRON. — PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES ET RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE DU FER COMME FONCTIONS DE TEMPÉRATURE. *Thèse*, Zurich 1897. *Phil. Mag.* 1897, t. 44.

L'auteur a étudié les variations avec la température des constantes magnétiques et de la résistance électrique de deux échantillons de fer, provenant des usines de Bilston. Le premier était du fer carburé, le second du fer employé pour les transformateurs.

M. Morris a tout d'abord étudié l'effet du recuit sur les propriétés magnétiques. La méthode employée est analogue à celle du Dr J. Hopkinson. Pour pouvoir opérer jusqu'à 1150°, l'auteur a fait usage d'une bobine annulaire isolée à l'asbeste et au mica, à l'intérieur de laquelle se trouvaient les fils de fer à étudier et un fil de platine servant à estimer les températures. Le chauffage se faisait électriquement. Pour éviter l'oxydation du fer, la bobine, de petite dimension, était enfermée dans un espace clos où l'on pouvait faire le vide et dans lequel se trouvait en outre un fil de fer ordinaire qui, chauffé au rouge avant les mesures à l'aide d'un courant électrique, absorbait tout ce qu'il pouvait rester d'oxygène.

Les champs magnétisants variaient entre 0,78 et 9, 10 unités C. G. S.

Les résultats obtenus indiquent que ces métaux sont très magnétiques et ont une faible hystérésis.

En traçant la courbe des variations de la perméabibité avec la température, on voit que μ croît insensiblement, passe par un maximum, puis décroît. Les phénomènes observés au voisinage du point de transformation et au-dessus, confirment ceux indiqués par M. Curie. E. D.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

D. MONNIER. RECHERCHE DES COLORANTS ARTIFICIELS DANS LES VINS (*Revue de chimie analytique*, V, 62, Genève).

L'auteur a trouvé dans l'emploi du sulfure de zinc un moyen de distinguer facilement les matières colorantes d'origine végétale de celles qui sont retirées du goudron de houille. Tous les colorants végétaux donnent avec ce composé des laques insolubles, tandis que les colorants dérivés du goudron ne sont pas précipités et peuvent être isolés par des lavages à l'eau ou à l'alcool.

La sensibilité de cette réaction dépend cependant de la pureté du sulfure de zinc que l'on emploie, et il convient de le préparer spécialement de la manière suivante : A une solution de chlorure de zinc pur on ajoute de l'ammoniaque jusqu'à redissolution de l'hydrate formé, puis on dirige dans le liquide un courant d'hydrogène sulfuré, en évitant un excès. Le précipité de sulfure de zinc est lavé jusqu'à ce que l'eau ne donne plus la réaction du chlore, puis séché à une température qui ne doit pas dépasser 35°. Le produit, très blanc, possède alors la composition $ZnS.2H_2O$.

Pour faire la recherche des matières colorantes dans les vins, on pulvérise 5-6 gr. du sulfure dans un mortier et l'on ajoute peu à peu le vin à examiner, de manière à obtenir un produit pâteux. On ajoute de l'eau, on laisse reposer et on observe si le liquide surnageant est coloré. Si tel est le cas, on lave plusieurs fois à l'eau, on évapore les eaux de lavage au bain-marie, on reprend le résidu par l'alcool à 90 % et on évapore de nouveau à siccité. Cette opération est répétée une seconde fois, et l'on soumet enfin la matière colorante résiduelle aux différentes réactions qui permettront d'en établir la nature.

Le plus souvent il suffira, pour savoir si un vin est coloré artificiellement ou non, de l'agiter avec le sulfure et d'examiner le liquide surnageant. Celui-ci doit être absolument

incolore si le vin est pur; la plus faible coloration indiquera la présence de substances étrangères.

De très nombreuses expériences ont été faites avec les colorants artificiels les plus divers et la méthode a donné dans tous les cas d'excellents résultats. A. P.

Eug. Bamberger. Action des alphylhydrazines sur la β naphtoquinone (*Berichte*, XXX, 513, Zurich).

Ce travail apporte une nouvelle preuve de l'isomérie du benzène azo-β-naphtol et de la β-naphtolchinonhydrazide

$NNHC_6H_5$ O

O $NNHC_6H_5$

par l'identification des matières colorantes, obtenues les unes par l'action des alphylhydrazines sur la β naphtoquinone et d'autre part par l'attaque des restes diazoïques correspondant aux mêmes alphylhydrazines dans la position ortho de l'α. naphtol ; il faut cependant remarquer que les matières colorantes o-azoïques de l'α. naphtol sont plus faciles à obtenir en partant du β naphtol et des hydrazides, qu'en partant de l'α. naphtol et des sels de diazonium. Une nouvelle matière colorante est décrite, la p-nitro-o-tolylhydrazine.

O. Hinsberg. L'acide benzène-sulfinique comme réactif. (*Berichte*, XXX, p. 2803, Genève).

L'auteur et Himmelschein ont observé précédemment [1] que l'acide benzène-sulfinique se combine avec les composés quinoïdiques pour donner des sulfones aromatiques. Pour vérifier encore ce fait, l'auteur a étudié l'action de l'acide benzène-sulfinique sur le tetraméthyldiaminobenzhydrol pour lequel on admet en solution acide une structure quinoïdique

$$(CH^3)_2N.C^6H^4.CH{=}C^6H^4{=}N\text{-}Cl(CH^3)_2.$$

[1] *Archives*, t. XXXIII, p. 111.

Il a constaté qu'en faisant réagir l'acide benzène-sulfinique sur ce composé en présence d'un acide minéral il se formait en effet une combinaison stable, qui d'après ses propriétés doit correspondre à la formule :

$$(CH^3)_2N.C^6H^4.CH^2.C^6H^3 \begin{cases} SO^2C^6H^5 \\ N(CH^3)_2 \end{cases}$$

Cette substance qu'on obtient très facilement, cristallise dans l'alcool en aiguilles blanches, fusibles à 194° ; elle se dissout à chaud dans l'acide acétique ou dans les acides minéraux étendus avec une couleur bleue, de même que le tétramethyldiaminobenzhydrol. Elle est très stable envers les acides et les alcalis, ce qui prouve bien que ce n'est pas un simple sel de l'acide benzène-sulfinique ; enfin elle fournit par oxydation une cétone renfermant du soufre, probablement

$$(CH^3)_2N.C^6H^4.CO\text{-}C^6H^3 \begin{cases} SO^2C^6H^5 \\ N(CH^3)_2 \end{cases}$$

F. R.

H. Brunner et H. Lenis. Dérivés de la théobromine et sur l'action du chloroforme sur la phénylhydrazine (*Berichte*, XXX, 2584, Lausanne).

Les auteurs ont préparé quelques dérivés de la théobromine (propyl, isopopyl, butyl et amylthéobromine) en chauffant le dérivé argentique de la théobromine avec les iodures alcooliques correspondants à 100° en vase clos. Ils ont aussi préparé la nitrothéobromine et son dérivé aminé ; enfin ils ont constaté que le chloroforme réagit sur la phénylhydrazine en donnant naissance à du chlorhydrate de phénylhydrazine et des produits non encore étudiés.

PALÉONTOLOGIE

A. Gaudry. Essai de Paléontologie philosophique. 1 vol. in-8 avec 204 gravures dans le texte.

M. Gaudry membre de l'Institut et professeur de Paléontologie au Museum d'histoire naturelle aime à réunir dans

des livres mis à la portée du public les réflexions semi-scientifiques, semi-philosophiques que lui ont suggérées ses lectures et surtout ses nombreux travaux personnels. Le volume qui vient de paraître est plus spécialement consacré à l'histoire de la création et aux lois qui y ont présidé. Il nous montre comment le monde animé constitue un tout qui a subi un développement analogue à celui d'un individu, et comment les modifications qui se sont produites depuis le commencement des temps géologiques dans les embranchements les plus divers ont toujours suivi certaines lois qui rappellent celles du développement individuel. C'est ainsi que nous constatons par les données de la paléontologie une différenciation extraordinaire des organismes qui va toujours en s'accentuant à mesure que nous nous rapprochons des temps actuels. D'autre part, il semble que la taille moyenne des animaux a tendu à s'accroître dans la suite des âges; mais c'est surtout dans l'activité des êtres animés que l'on constate des progrès surprenants depuis les temps les plus anciens où la terre était peuplée en grande partie d'animaux marins vivant fixés au sol ou au moins enfermés presque complètement dans une coquille, jusqu'à nos jours où les continents et les mers pullulent d'êtres essentiellement mobiles parmi lesquels les vertébrés et plus spécialement les mammifères et les oiseaux règnent en maîtres. En même temps que l'activité, se sont développées la sensibilité et finalement l'intelligence qui, restée nulle ou rudimentaire chez les animaux inférieurs, n'apparaît guère que chez les vertébrés et atteint son apogée chez l'homme.

Après avoir ainsi étudié les grandes lois qui régissent l'évolution, M. Gaudry termine en montrant l'importance que peut avoir la paléontologie pour la géologie, l'âge des formations pouvant être déduit non seulement de la détermination de certaines espèces dites caractéristiques mais aussi du degré d'évolution que présentent les différents organismes. C. Sar.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 13 janvier 1898.

F. Ullmann et D. Kohan. Naphtocarbazol. — P. Dutoit, E. Aston et L. Friderich. Conductibilité des électrolytes dans les dissolvants organiques.

M. F. Ullmann, dans un travail fait en collaboration avec M. D. Kohan, a préparé le *naphtocarbazol* (point de fusion 135°, point d'ébull. 457°) par distillation de la phénazimidonaphtaline de Zincke :

Cette réaction est tout à fait semblable à celle qui fournit le carbazol lui-même en partant du phénazimidobenzène[1].

M. Schöpff avait déjà obtenu précédemment le naphtocarbazol en distillant son dérivé carboxylé sur la poudre de zinc, et l'avait décrit comme un corps fondant à 120° ; cette différence dans les points de fusion doit sans doute provenir du fait que le corps de M. Schöpff contenait de petites quantités d'un produit de réduction, car les auteurs ont constaté que l'on obtient un composé identique au précédent, et

[1] *Archives* (3) **33**, 594.

fusible comme lui à 135°, lorsqu'on soumet à la distillation le sel de chaux de l'acide naphtocarbazolcarbonique.

M. P. Dutoit rend compte des recherches qu'il a effectuées avec Mlle E. Aston sur la *conductibilité de solutions d'électrolytes dans quelques dissolvants organiques polymérisés.* Ces expériences ont pleinement vérifié l'hypothèse émise par les auteurs d'une relation nécessaire entre la polymérisation du dissolvant et son pouvoir dissociant sur les électrolytes.

Des déterminations de conductibilités électrolytiques dans l'acétonitrile et le propionitrile, liquides polymérisés, ont été entreprises avec M. L. Friderich ; elles ont également confirmé la relation précédente.

Dans l'acétonitrile, les conductibilités moléculaires des électrolytes binaires sont plus élevées que dans aucun autre dissolvant étudié jusqu'ici. Les valeurs de la conductibilité moléculaire $\mu \infty$ sont, à 25°, pour

$AgNO_3$ = 167
NaI = 162
$NH_4.CNS$ = 180 environ.

Ces dernières expériences ont permis d'établir une relation numérique approchée entre le coefficient d'association x, le coefficient de viscosité η d'un liquide, et la conductibilité des électrolytes qui y sont dissous. D'après cette relation, la conductibilité d'un même électrolyte dans divers dissolvants serait approximativement proportionnelle au rapport $\frac{x}{\eta}$ qui caractérise chaque dissolvant.

Séance du 10 février.

A. Bach. Réduction, électrolyse et photolyse de l'acide carbonique. — F. Kehrmann et O. Krüger. Oximation des paraquinones. — F. Kehrmann, F. Zimmerli et M. Matis. Amino-naphtophénazines. — C. Græbe. Produits de condensation des oxycétones avec l'aniline.

M. A. Bach entretient la Société de la corrélation qui existe entre la *réduction, l'électrolyse et la photolyse de l'acide*

carbonique. Il commence par faire ressortir les rapports que présentent l'acide carbonique, l'acide formique et l'aldéhyde formique. Comme acide carboxylé contenant deux groupes OH unis au carbonyle, l'acide carbonique,

$$O = C \begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown OH \end{matrix}$$

est capable de former deux aldéhydes par substitution d'hydrogène à ses hydroxyles: la première,

$$O = C \begin{matrix} \diagup H \\ \diagdown OH \end{matrix}$$

est l'acide formique, la seconde,

$$O = C \begin{matrix} \diagup H \\ \diagdown H \end{matrix}$$

l'aldéhyde formique. Lorsque l'on veut effectuer la réduction de l'acide carbonique au moyen de l'hydrogène naissant, il faut éviter d'opérer en présence d'acides minéraux, qui empêchent généralement la réduction, mais il ne faut pas davantage opérer en solution alcaline, car l'acide formique résultant de la réduction de l'acide carbonique est alors neutralisé par l'alcali et se trouve ainsi soustrait à une réduction ultérieure.

Pour réaliser ces conditions, l'auteur a pris comme source d'hydrogène naissant l'hydrure de palladium, qu'il a fait agir pendant 30 jours sur l'acide carbonique en solution aqueuse saturée sous une certaine pression. Il a pu obtenir ainsi de petites quantités d'aldéhyde formique, qu'il a identifiée en la transformant en anhydroformaldéhyde-aniline (point de fusion 136,5-138°) et en dérivé bromé de l'hexaméthylène-tétramine.

Passant à l'électrolyse de l'acide carbonique, M. Bach émet l'avis que la production d'acide formique, constatée par Beketow, Boyer et d'autres, ne peut être due qu'à l'action secondaire de l'hydrogène mis en liberté sur l'acide

carbonique. Appliquant ensuite à l'électrolyse de l'acide carbonique les résultats obtenus dans la réduction de cet acide par l'hydrogène naissant, il l'exprime par les équations suivantes :

$$H_2CO_3 = H_2 + CO_3 ; \qquad CO_3 + H_2O = H_2CO_3 + O$$
$$H_2CO_3 + H_2 = HCOOH + H_2O ; \quad HCOOH + H_2 = CH_2O + H_2O$$

Pour réduire 1 mol. d'acide carbonique en aldéhyde formique, il faut que 2 autres molécules de cet acide soient décomposées en leurs ions. L'ensemble des réactions peut donc être représenté comme suit :

$$3\,H_2CO_3 = 2\,CO_3 + 2\,H_2O + CH_2O = 2\,H_2CO_3 + O_2 + CH_2O$$

En partant d'un ordre d'idées tout différent, M. Bach avait montré, dans un travail publié en 1893, que, sous l'action des rayons solaires, l'acide carbonique se décompose selon les équations

$$3\,H_2CO_3 = 2\,H_2CO_4 + CH_2O = 2\,H_2CO_3 + O_2 + CH_2O.$$

Le composé H_2CO_4 n'est évidemment autre chose que le groupe $CO_3 + H_2O$ (hydrate de peroxyde de carbonyle) de la décomposition électrolytique et, comme lui, il doit se dédoubler, aussitôt formé, en acide carbonique et oxygène. Entre l'électrolyse et la photolyse de l'acide carbonique, il y a donc identité complète, soit que la radiation solaire agisse exactement comme l'électricité (en favorisant la dissociation de H_2CO_3 en ses ions), soit qu'elle se transforme en électricité.

M. F. Kehrmann résume une série de recherches sur l'*oximation des paraquinones*, qu'il a commencées en 1888 et continuées dès lors avec la collaboration de plusieurs élèves. Ses premières expériences avaient abouti à ce résultat important, que l'oximation ne peut jamais avoir lieu lorsque deux alcoyles, ou deux atomes d'halogène, ou un alcoyle et un halogène, se trouvent en position *ortho* par

rapport à l'oxygène quinonique. Si une seule des positions *ortho* est occupée, l'oximation a lieu, mais beaucoup plus difficilement que dans le cas de non substitution des deux positions.

Les observations ultérieures n'ont fait que confirmer cette règle, qui paraît très générale, tout au moins lorsqu'il s'agit de groupes substituants neutres. Les choses ne se passent, en effet, pas de même lorsque ces substituants sont des groupes salifiables tels que OH ou NH_2 ; dans ce cas, l'oximation se porte au contraire de préférence sur l'oxygène quinonique qui est en *ortho* par rapport à l'un de ces groupes.

Ces recherches ont été reprises en collaboration avec M. O. Krüger et étendues aux thymoquinones halogénées ; le résultat a été conforme aux faits précédemment établis. Les six thymoquinones chlorées, bromées et iodées, répondant aux formules

O
Hal — CH₃ — C_3H_7 (I)
O

et

O
CH_3 — Hal — C_3H_7 (II)
O

ne fournissent que des monoximes ; l'oximation se porte, dans les composés du type I, sur l'oxygène voisin du groupe isopropyle, et dans les composés du type II sur l'oxygène voisin du groupe méthyle ; elle se fait plus aisément et plus vite dans le second cas que dans le premier, ce qui peut s'expliquer par le fait que le méthyle, vu son poids plus faible, entrave moins que l'isopropyle l'attaque de l'oxygène voisin.

M. Kehrmann fait une seconde communication sur *quelques dérivés de la β-naphtoquinone.* Il a étudié avec MM. F. Zimmerli et M. Matis les phénazines provenant de la con-

densation de l'orthophénylène-diamine avec les trois acétamino-β-naphtoquinones isomériques (formules I, II et III).

I — O, O, $NHCOCH_3$ IV — N, N, NH_2

II — CH_3CONH—, O, O V — NH_2—, N, N

III — CH_3CONH—, O, O VI — NH_2—, N, N

La *5-aminonaphtophénazine* (IV) est colorée en rouge grenat; elle fournit un chlorhydrate et un dérivé acétylé jaune-citron.

La *6-aminonaphtophénazine* (V) est jaune orangé, son dérivé acétylé jaune-citron et son chlorhydrate rouge grenat.

La *8-aminonaphtophénazine* (VI) a une couleur jaune orangé, son chlorhydrate et son dérivé acétylé une couleur jaune clair.

M. le prof. C. Græbe parle des *produits de condensation de quelques oxycétones avec l'aniline.* L'acide xanthonique,

$$CO\begin{cases} C_6H_4-OH \\ C_6H_4-OH \end{cases}$$

fournit, lorsqu'on le chauffe avec de l'aniline, un corps

$C_{19}H_{13}NO$, coloré en jaune intense. Entre les deux formules qui peuvent exprimer la constitution de ce corps,

$$CO \begin{matrix} \diagup C_6H_4 \diagdown \\ \diagdown C_6H_4 \diagup \end{matrix} N-C_6H_5 \quad \text{et} \quad C_6H_5-N=C \begin{matrix} \diagup C_6H_4 \diagdown \\ \diagdown C_6H_4 \diagup \end{matrix} O,$$

l'auteur se décide pour la seconde. En effet, ce nouveau composé ne possède ni la fluorescence, ni la grande stabilité qui caractérisent les dérivés de l'acridone; ses propriétés chimiques le rapprochent au contraire de l'auramine; il forme des sels qui, par l'ébullition ou le repos prolongé de leurs solutions aqueuses, se dédoublent en xanthone et aniline, réaction qui est comparable à la transformation de l'auramine en tétraméthyldiaminobenzophénone.

L'*o*-oxybenzophénone et le salicylphénol fournissent également avec l'aniline des produits de condensation, tandis que la *p*-oxybenzophénone et la di-*p*-oxybenzophénone ne réagissent pas sur elle dans les mêmes conditions. A. P.

PHILIPPE PLANTAMOUR

Les *Archives* viennent de faire une nouvelle et grande perte dans la personne de Philippe Plantamour, décédé le 20 février dernier.

Né à Genève en 1816, il passa les premières années de sa jeunesse au célèbre pensionnat d'Hofwyl dirigé par Fellenberg, puis suivit les cours de l'Académie de Genève. Ils développèrent son goût pour la science, la chimie en particulier, qu'il alla ensuite étudier à Giessen avec Liebig et enfin à Stockholm avec Berzelius qui se prit pour lui d'une affection toute spéciale. Ses premiers travaux, tous sur des questions de chimie, datent de cette époque entre autres une très intéressante étude sur le baume du Pérou.

Il rendit aussi pendant plusieurs années à la science française le service de traduire du suédois les fameux comptes rendus annuels de chimie rédigés par Berzelius avec son immense autorité.

Revenu à Genève, il ne tarda pas à se marier. Madame Plantamour, née Prevost, issue d'une famille où la science est en grande estime, fut étroitement associée à tous les intérêts de son mari et à tous ses travaux, n'ayant jamais été séparée de lui pendant une vie conjugale de près de 50 années.

Devenu propriétaire de la villa de Sécheron,

au bord du lac dans le voisinage immédiat de Genève, Plantamour mit à l'arrangement de ce nouveau domaine, le goût de la perfection qu'il apportait dans tout ce qu'il faisait. Ce fut à son jardin, qu'il donna surtout ses soins et il ne tarda pas à acquérir une grande compétence dans la science horticole. Affable et bon, il aimait à faire jouir les autres des beautés de ce site incomparable qui lui était échu en partage et dont il a fait avec l'aide gracieux de Mme Plantamour une demeure hospitalière entre toutes. Il avait un plaisir tout particulier à y recevoir les savants étrangers en passage à Genève et plus d'un congrès scientifique tenu dans nos murs y a été fêté par les deux aimables hôtes de Sécheron avec cette bonne grâce et cette libéralité exquises, qui laissaient à tous le plus charmant souvenir.

L'étude du lac au bord duquel il venait de se fixer l'attira bientôt. A l'instar de M. F.-A. Forel, il établit sur sa terrasse un limnimètre enregistreur, d'un modèle perfectionné, pour l'étude des seiches ou mouvements de balancement rythmiques du lac. Les tracés de cet appareil qui reproduisent les variations de niveau de la surface de l'eau, en grandeur naturelle, sur une bande de papier marchant d' 1^{mm} par minute, soigneusement recueillis et classés, donnent depuis 1877, par une courbe ininterrompue, d'une rare perfection, les moindres détails des mouvements du lac et constituent le plus bel atlas limnologique qui existe.

Outre les circonstances particulières qu'il lui a été donné de constater chemin faisant dans son étude de l'intéressant phénomène des seiches il tirait de sa courbe au moyen du pantographe la hauteur moyenne diurne du lac. L'ensemble de ces mesures était publié chaque année dans un article aux *Archives*.

Avec ses observations limnimétriques, il en menait de front d'autres relatives à l'étude des phénomènes météorologiques plus ou moins liés avec celui des seiches, en particulier la pression atmosphérique. Il l'étudiait à l'aide d'un baromètre enregistreur Rédier auquel il constata en 1883 comme d'autres observateurs le triple passage de la vague provenant de l'éruption du krakatoa. Il faisait aussi régulièrement des mesures thermométriques et pluviométriques.

Ayant observé des déplacements de la bulle des niveaux à bulle d'air dont il se servait pour le réglage de ses appareils il les attribua à des mouvements du sol et voulut suivre de plus près ce phénomène pour en déterminer les causes. C'est ainsi qu'il fut amené à faire une très belle étude des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air. Il employait deux niveaux placés à angle droit N. S. et E. W. dans sa cave et faisait deux lectures quotidiennes de la position de la bulle. Les résultats de cette étude qui a été poursuivie par Plantamour pendant dix années avec une patience rare ont été consignés chaque

année aux *Archives* dans une note accompagnée d'une planche donnant, outre les courbes de marche des deux niveaux N. S. et E. W., celle des variations de la température extérieure, ces deux ordres de phénomènes étant nettement liés.

Toutes ces mesures ont été faites avec la parfaite régularité et la précision scrupuleuse qui étaient les traits essentiels du caractère de Plantamour.

Peu d'années après la fondation par Auguste de la Rive en 1846 des *Archives des Sciences physiques et naturelles*, comme supplément scientifique à la *Bibliothèque Universelle*, Plantamour se joignit à ce groupe d'hommes d'élite qui composaient alors le comité de rédaction des *Archives* et qui avaient noms de la Rive, Pictet-de la Rive, A. de Candolle, de Marignac, A. Favre, E. Plantamour, Gautier et Soret.

Il est resté jusqu'à la fin de sa vie membre de ce comité au sein duquel il représentait seul en dernier lieu les hommes de l'ancienne génération. Ses collègues plus jeunes ressentent cruellement sa perte et lui gardent un souvenir profondément reconnaissant.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1898

Le 1er, légère pluie à 1 h. du soir; couronne lunaire pendant la soirée; forte rosée à 10 h. du soir.

2, assez fort vent pendant tout le jour; légère pluie à 7 h. du soir.

3, légère neige le matin, dans l'après-midi et pendant la soirée; elle fond à mesure qu'elle tombe, sans prendre pied.

4, pluie chassée par le vent pendant toute la journée.

5, la bise se lève dès le matin et fraîchit pendant la soirée; giboulées de neige dans l'après-midi et pendant la soirée.

7, la neige est tombée pendant la nuit; hauteur à 7 h. du matin : 3^{cm} ; pluie et neige depuis 3 h. 45 m. du soir.

9, légère chute de neige à 8 h. 25 m. du matin.

10, gelée blanche le matin; forte bise pendant tout le jour.

11, gelée blanche le matin.

12, forte gelée blanche le matin ; minimum abrité : — 7°.7.

13, forte gelée blanche le matin; minimum abrité : — 6°.8.

14, faible gelée blanche le matin ; pluie fine et brouillard sur le Lac à 10 h. du matin.

15, forte gelée blanche le matin; brouillard à 9 h. du soir.

16, gelée blanche le matin.

18, pluie depuis 10 h. du matin jusqu'à 5 h. du soir.

19, forte bise pendant tout le jour.

20, légère gelée blanche le matin.

21, légère gelée blanche le matin; fort vent pendant tout le jour.

22, pluie dès le matin, puis neige depuis 3 h. du soir pendant toute la soirée.

25, gelée blanche le matin.

26, forte gelée blanche le matin; brume à 10 h. du matin; couronne lunaire à 9 h. du soir.

27, gelée blancbe le matin.

28, quelques flocons de neige à 7 h. du matin ; pluie et neige à 10 h. du matin; pluie à 10 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 1 h. matin	740,00	Le 1er à 11 h. soir	736,20
4 à minuit	722,97	4 à 6 h. soir	706,50
6 à 11 h. soir	730,18	9 à 7 h. matin	729,00
10 à 11 h. soir	735,49	11 à 4 h. soir	734,90
15 à 10 h. matin	738,95	15 à 2 h. matin	737,56
20 à minuit	720,05	18 à 11 h. soir	720,41
22 à 11 h. soir	713,36	22 à 6 h matin	711,77
26 à 9 h. matin	730,90	24 à minuit	719,25
28 à 10 h. soir	730,18	27 à 4 h. soir	728,53

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève

Observ. MM	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLOGNY R. Gautier	JUSSY M. Micheli	OBSERVAT.	COMPESIERES Pellegrin	ATHENAZ J.-J. Decor	SATIGNY P. Pelletier
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Total...	74.	46.3	42.0	50.1	44.3	54.7	67.0

Durée totale de l'insolation à Jussy : 111 heures.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nombre d'h	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Ecart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm					h.	+ °	°	cm
1	737,95	+10,50	736 20	740 00	+ 4,65	+ 4,20	+ 2,4	+ 7,3	841	— 4	750	960	1,4	3	SW. 1	2,1	0,80	0,0	5,7	+ 0,9	89,9
2	730,90	+ 3,49	727,08	735,68	+ 5,77	+ 5,26	+ 0,2	+13,8	800	— 43	510	1000	0,9	2	SSW. 1	6,7	0,87	2,9	6,3	+ 1,5	91,2
3	727,61	+ 0,25	724,30	729,73	+ 2,08	+ 1,50	+ 0,3	+ 5,3	762	— 80	610	960	3,1	4	SSW. 1	6,3	0,98	0,3	5,8	+ 1,0	89,3
4	712,71	—14,60	706,50	722,97	+ 3,80	+ 3,15	+ 1,0	+ 7,1	813	— 27	780	870	13,6	19	SSW. 2	18,8	1,00	0,0	5,6	+ 0,8	89,0
5	715,68	—11,58	709,25	723,00	+ 0,25	— 0,47	— 1,5	+ 4,6	816	— 23	660	940	0,3	2	NNE. 2	17,1	0,83	1,3	5,7	+ 0,9	92,5
6	728,13	+ 0,92	723,65	730,18	— 0,62	— 1,42	— 3,1	+ 4,0	870	+ 33	820	940	...	..	var.	10,4	0,53	8,0	...	.....	94,0
7	726,64	+ 0,52	726,30	728,18	+ 1,50	+ 0,63	— 1,4	+ 5,0	855	+ 20	720	950	5,1	7	SSW. 1	7,7	0,97	0,0	5,0	+ 0,2	86,0
8	729,58	+ 2,47	727,34	731,35	+ 1,39	+ 0,44	— 0,6	+ 6,9	748	+ 14	430	960	...	..	var.	4,0	0,82	3,7	5,1	+ 0,3	90,5
9	730,45	+ 3,40	729,00	732,79	+ 0,83	— 0,20	— 2,3	+ 6,6	841	+ 9	660	980	0,0	..	calme	3,3	0,70	2,3	5,1	+ 0,3	90,0
10	734,27	+ 7,27	733,00	735,49	+ 0,79	— 0,32	— 0,9	+ 3,8	779	— 51	510	910	...	..	NNE. 2	15,8	0,17	9,0	5,2	+ 0,3	90,8
11	735,47	+ 8,53	734,90	735,94	— 2,14	— 3,34	— 5,9	+ 3,6	861	+ 33	820	900	...	..	NN . 1	5,0	0,30	7,0	4,5	— 0,4	89,1
12	735,44	+ 8,56	734,67	736,26	— 2,54	— 3,82	— 7,7	+ 2,8	850	+ 24	740	920	...	..	N. 1	3,3	0,02	7,5	4,4	— 0,5	86,5
13	734,77	+ 7,95	733,94	735,57	— 0,61	— 1,98	— 6,8	+10,1	796	— 28	520	940	...	..	calme	1,2	0,10	7,5	...	.....	91,0
14	735,42	+ 8,66	733,33	738,19	+ 1,85	+ 0,39	— 1,8	+ 5,5	864	+ 42	670	920	0,8	1	NE. 1	2,1	1,00	0,7	4,9	0,0	88,2
15	738,33	+11,63	737,56	738,95	+ 2,74	+ 1,19	— 1,7	+ 9,8	812	— 8	600	980	0,0	..	calme	1,7	0,67	5,8	5,0	0,0	87,8
16	735,67	+ 9,03	732,96	738,21	+ 4,00	+ 2,36	— 0,4	+ 7,3	804	— 14	680	890	0,0	..	var.	5,0	0,90	0,0	5,0	0,0	87,7
17	730,16	+ 3,48	728,18	732,55	+ 5,64	+ 3,90	+ 4,1	+ 7,1	683	—133	580	830	...	..	SSW. 1	11,1	0,98	0,5	5,3	+ 0,3	84,3
18	723,21	— 3,31	720,41	727,79	+ 4,59	+ 2,76	+ 3,6	+ 6,2	800	— 14	710	870	1,5	5	SW. 1	6,3	1,00	0,0	5,4	+ 0,4	84,0
19	719,44	— 7,02	718,54	720,28	+ 4,33	+ 2,47	+ 2,2	+ 7,1	735	— 77	680	900	...	..	NNE. 2	15,2	1,00	0,0	5,5	+ 0,4	85,2
20	717,94	— 8,45	716,27	720,05	+ 2,22	+ 0,19	— 1,7	+ 9,2	716	— 94	520	890	...	..	var.	5,0	0,15	8,3	...	.....	84,0
21	713,90	—12,43	712,30	716,11	+ 5,36	+ 3,23	— 0,7	+12,0	535	—272	370	750	...	..	SSW. 2	14,0	0,13	9,4	5,7	+ 0,6	84,5
22	712,28	—13,99	711,77	713,36	+ 2,71	+ 0,48	0,0	+ 7,0	844	+ 39	580	980	18,8	16	NNW. 1	5,2	1,00	0,0	5,5	+ 0,3	84,0
23	715,96	—10,24	713,68	718,67	+ 2,20	— 0,13	— 0,2	+ 6,9	854	+ 51	660	960	4,4	4	var.	4,0	0,50	4,4	5,1	— 0,1	86,5
24	722,62	— 3,52	719,25	726,82	+ 1,84	— 0,60	— 1,0	+ 7,4	741	— 59	520	920	...	..	S. 1	7,9	0,52	5,2	5,2	0,0	86,7
25	729,06	+ 2,98	727,03	730,12	+ 0,76	— 1,78	— 3,1	+ 4,8	789	— 9	560	960	...	..	N. 1	5,4	0,32	4,4	5,2	— 0,1	85,5
26	730,13	+ 4,12	729,02	730,90	+ 1,35	— 1,30	— 4,1	+ 6,6	798	+ 2	620	950	...	..	var.	3,1	0,38	8,3	5,1	— 0,2	86,8
27	729,72	+ 3,77	728,53	729,80	+ 3,01	+ 0,25	— 1,3	+10,0	777	— 16	560	920	...	..	var.	4,4	0,60	3,9	...	.....	86,5
28	729,43	+ 3,54	729,10	730,18	+ 2,99	+ 0,12	— 0,9	+ 6,4	790	— 1	720	890	0,2	1	SSW. 1	5,6	0,93	0,6	5,7	+ 0,3	83,5
Mois	727,24	+ 0,40			+ 2,17	+ 0,57			792	— 28						7,06	0,65		5,29	+0,33	87,70

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1898

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,66	727,67	727,56	727,96	727,33	726,71	727,09	727,15
2e »	731 51	730,94	730,67	730,98	730,46	729,96	730 18	729 97
3e »	722,41	722,36	722,64	723,00	722 83	722,58	723,37	723,91
Mois	727,52	727,32	727,26	727,26	727,16	726,69	727,13	727,23

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 1,11	+ 0,27	+ 0,26	+ 2,16	+ 4,31	+ 4,01	+ 2,74	+ 1,48
2e »	+ 0,36	− 0,36	− 0,83	+ 2,69	+ 4,56	+ 5,15	+ 3,12	+ 1,38
3e »	+ 1,36	+ 0,47	− 0,21	+ 3,10	+ 5,20	+ 5,54	+ 2,90	+ 1,86
Mois	+ 0,91	+ 0,10	− 0,26	+ 2,62	+ 4,66	+ 4,85	+ 2,92	+ 1,55

Fraction de saturation en millièmes.

1re décade	837	858	910	812	719	712	810	842
2e »	821	826	864	778	712	700	795	841
3e »	799	842	876	758	644	655	749	805
Mois	820	842	884	784	695	691	787	831

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	− 0,59	+ 6,44	+ 5,61	0,77	27,5	9,22	24,4	90 32
2e »	− 1,61	+ 6,87	+ 5,00	0,61	37,2	5,59	2,3	86,78
3e »	− 1,19	+ 7,62	+ 5,36	0,55	36,2	6,20	23,4	85,50
Mois	− 1,12	+ 6,94	+ 5,29	0,65	100,9	7,06	50,1	87,70

Dans ce mois l'air a été calme 40,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 0,91 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 75°,4 W. et son intensité est égale à 7,4 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1898.

Le 1er, forte bise pendant tout le jour; neige depuis 1 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.

2, neige à 4 h. et à 10 h. du soir.

3, très forte bise pendant tout le jour; neige pendant toute la journée jusqu'à 10 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et à 10 h. du soir; hauteur de la neige : 22cm.

4, très forte bise avec neige et brouillard pendant toute la journée.

5, très forte bise jusqu'à 7 h. du soir; neige jusqu'à 10 h. du matin, puis brouillard jusqu'à 4 h. du soir.

6, ciel clair pendant toute la journée.

7, forte bise depuis 7 h. du soir; brouillard le matin, puis neige et brouillard pendant le reste du jour; hauteur de la neige : 15cm.

8, forte bise pendant tout le jour; neige le matin et le soir; brouillard au milieu de la journée.

9, très forte bise pendant tout le jour; neige depuis le matin jusqu'à 1 h. du soir, puis brouillard à 4 h. du soir.

Du 10 au 13, ciel clair ou légèrement nuageux pendant toute la journée.

14, la bise fraîchit pendant la soirée; brouillard pendant l'après-midi et neige à 4 h. du soir.

15, forte bise vers le soir; neige et brouillard depuis 1 h. du soir pendant le reste du jour; hauteur de la neige : 5cm.

16, forte bise pendant tout le jour; brouillard depuis 4 h. du soir.

17, très forte bise pendant toute la journée; brouillard à 4 h. du soir.

18, forte bise le matin; brouillard jusqu'à 10 h. du matin, puis neige jusqu'à 7 h. du soir; hauteur de la neige : 4cm.

19, forte bise à 7 h. du matin; neige jusqu'à 10 h. du matin, puis brouillard jusqu'à 4 h. du soir.

20, ciel clair pendant la plus grande partie de la journée.

21, fort vent à partir de 8 h. du matin; neige et brouillard pendant toute la journée.

22, fort vent avec neige et brouillard pendant toute la journée; hauteur de la neige ; 30cm.

25, ciel clair pendant tout le jour.

28, la bise fraîchit depuis 7 h. du soir; neige le matin et à 1 h. du soir; brouillard le reste de la journée; hauteur de la neige : 5cm

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 11 h. soir	553,95	Le 1er à 4 h. soir	569,64
10 à 11 h. soir	565,75	4 à 10 h. soir	544,23
15 à 11 h. soir	569,85	8 à 1 h. matin	558,34
20 à minuit	554,05	11 à 4 h. matin	565,01
22 à minuit	552,00	15 à 3 h. matin	568,66
26 à 7 h. matin	564,81	21 à 4 h. soir	553,17
28 à minuit	562,00	23 à minuit	548,40
		26 à 11 h. soir	564,15

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1898

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim	millim			
1	570.40	+ 9,95	569,64	571.75	— 4,72	+ 4.35	— 8,0	— 0,8	.....	.....	....	NE. 2	0,85
2	566,41	+ 5,99	559.07	570,20	— 2.05	+ 7,01	— 6,8	+ 3,6	.....	.....	....	NE. 1	0 58
3	556.52	— 3,86	555,20	559,00	—13.87	— 4,82	—14,2	— 6,5	.....	.....	....	NE. 3	1.00
4	548.23	—12,11	544.23	555.25	— 7.75	+ 1,29	—13,8	— 3,3	220	49,5	....	NE. 3	1,00
5	547,11	—13.49	544.10	553,95	—16.92	— 7.89	—18,0	— 5,9	.....	.....	....	NE. 3	0,75
6	558,36	— 1.91	554,62	560.73	—13,57	— 4.55	—20,0	— 7,5	.....	.....	....	NE. 1	0.00
7	558.68	— 1,55	558,20	560,70	— 9,45	— 0,44	—16,8	— 4,3	150	16,2	....	NE. 1	0,97
8	559.49	— 0,71	558,34	560.18	—14.83	— 5,84	—18,0	—11,9	.....	.....	....	NE. 2	0,88
9	560,11	— 0.06	558,90	562,75	—13,42	— 4.45	—16,3	—11,3	.....	.....	....	NE. 2	0,77
10	564.00	+ 3,86	562,50	565.75	—13.10	— 4,15	—16,8	—10 3	.....	.....	....	NE. 1	0,02
11	565.95	+ 5.85	565 01	566,40	— 8.17	+ 0,76	—11,3	— 5.9	.....	.....	....	NE. 1	0,05
12	566,89	+ 6,82	566,59	567,35	— 7,68	+ 1,23	— 8,8	— 6,0	.....	.....	....	NE. 1	0 02
13	567,33	+ 7,29	567,26	567,56	— 5,93	+ 2,95	— 8,3	— 4,1	.....	.....	....	NE. 1	0,08
14	567,13	+ 7,42	566,40	568,35	— 6.60	+ 2.25	— 9.3	— 1,9	.....	.....	....	NE. 1	0,73
15	569.25	+ 9,27	568,66	569.85	— 7,88	+ 0,94	—10,4	— 2,9	50	10,0	....	NE. 1	0.65
16	567,94	+ 7,99	566 40	569,88	— 4,45	+ 4,34	— 5,8	— 1,9	.....	.....	....	NE. 2	0.60
17	561 81	+ 1,89	560,73	566,00	— 9.67	— 0,91	—11,0	— 4,9	.....	.....	....	NE. 2	0,45
18	557,82	— 2 07	556,21	560 50	— 6,05	+ 2,68	— 9,8	— 0 3	40	6,0	....	NE. 1	0,97
19	554.56	— 5,31	554,05	556,00	— 7,20	+ 1,49	—13,0	— 2,9	.....	.....	....	NE. 1	0,67
20	553.35	— 6,50	553 17	554,05	— 7,50	+ 1,15	—13,0	— 1,7	.....	.....	....	NE. 1	0,07
21	552 39	— 7,44	552,18	553,20	— 9,35	— 0,74	—12,8	— 7,9	100	11,0	....	SW. 2	1,00
22	550,52	— 9,29	549,00	552 00	— 8,90	— 0,33	—10,0	— 4,5	200	20,0	....	SW. 2	1,00
23	550.80	— 8,99	548,40	553,00	—11,63	— 3,40	—14,4	— 8,5	.....	.....	....	NE. 1	0,13
24	555.69	— 4,08	553,00	558.90	—11,10	— 2,61	—16,3	— 7,5	.....	.....	....	var.	0,25
25	561,08	+ 1.33	558,90	564 00	— 8,82	— 0,38	—12,8	— 5,3	.....	.....	....	var.	0,08
26	564.42	+ 4,69	564,15	564,81	— 3,68	+ 4,71	— 7,8	+ 0,5	.....	.....	....	SW. 1	0,40
27	563.20	+ 3.49	562,50	564,15	— 6,87	+ 1,47	—11,0	— 2,7	.....	.....	....	NE. 1	0,07
28	561.32	+ 1,62	561,00	562,00	— 9,72	+ 1,43	—11,9	— 7,0	50	4,8	....	NE. 1	0.93
Mois	560,03	— 0,21			— 8,96	— 0,35							0 53

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1898.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	559,08	558,67	558,90	559,14	559,02	558,84	558,79	559,01
2e » ...	564,07	563,33	562,89	563,10	563,07	562,99	563,16	563,00
3 » ...	557,06	556,98	557,12	557,44	557,45	557,43	557,71	558,21
Mois	560,28	559,84	559,82	560,07	560,02	559,92	560,04	560,21

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 12,10	— 10,86	— 9,42	— 10,23	— 10,78	— 10,76
2e » ...	— 7,69	— 6,19	— 5,07	— 6,54	— 7,55	— 7,99
3e » ...	— 10,27	— 8,11	— 6,15	— 7,63	— 9,48	— 9,26
Mois	— 10,00	— 8,41	— 6,93	— 8,17	— 9,25	— 9,34

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade...	— 14,87	— 5,82	0,68	65,7	370
2e » ...	— 10,07	— 3,25	0,43	16.0	90
3e » ...	— 12,12	— 5,36	0,48	35.8	350
Mois	— 12,37	— 4,77	0,53	117.5	810

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 6.23 à 1,00

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 72,3 sur 100.

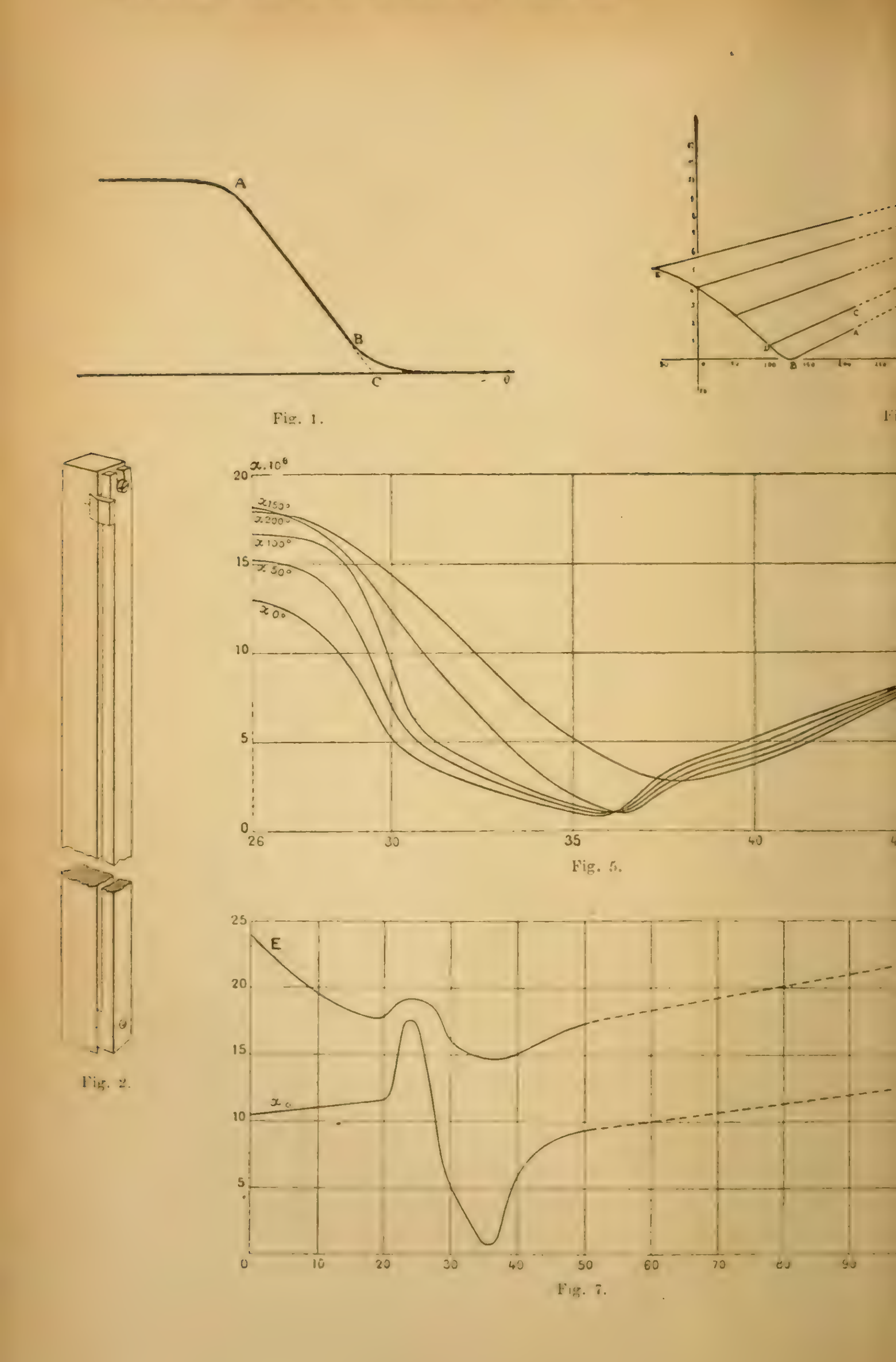


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 5.

Fig. 7.

Fig. 4.

α 10⁶

15

10

5

0 50 100 150 200 Θ

31,4

30,4

44,4

34,6

39,4

35,6

Fig. 6.

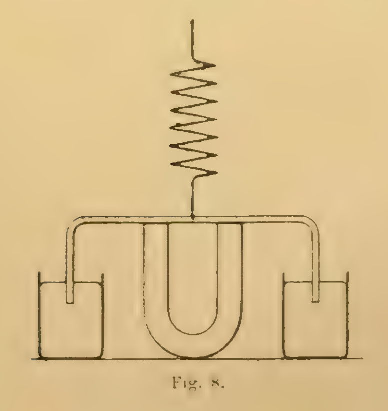
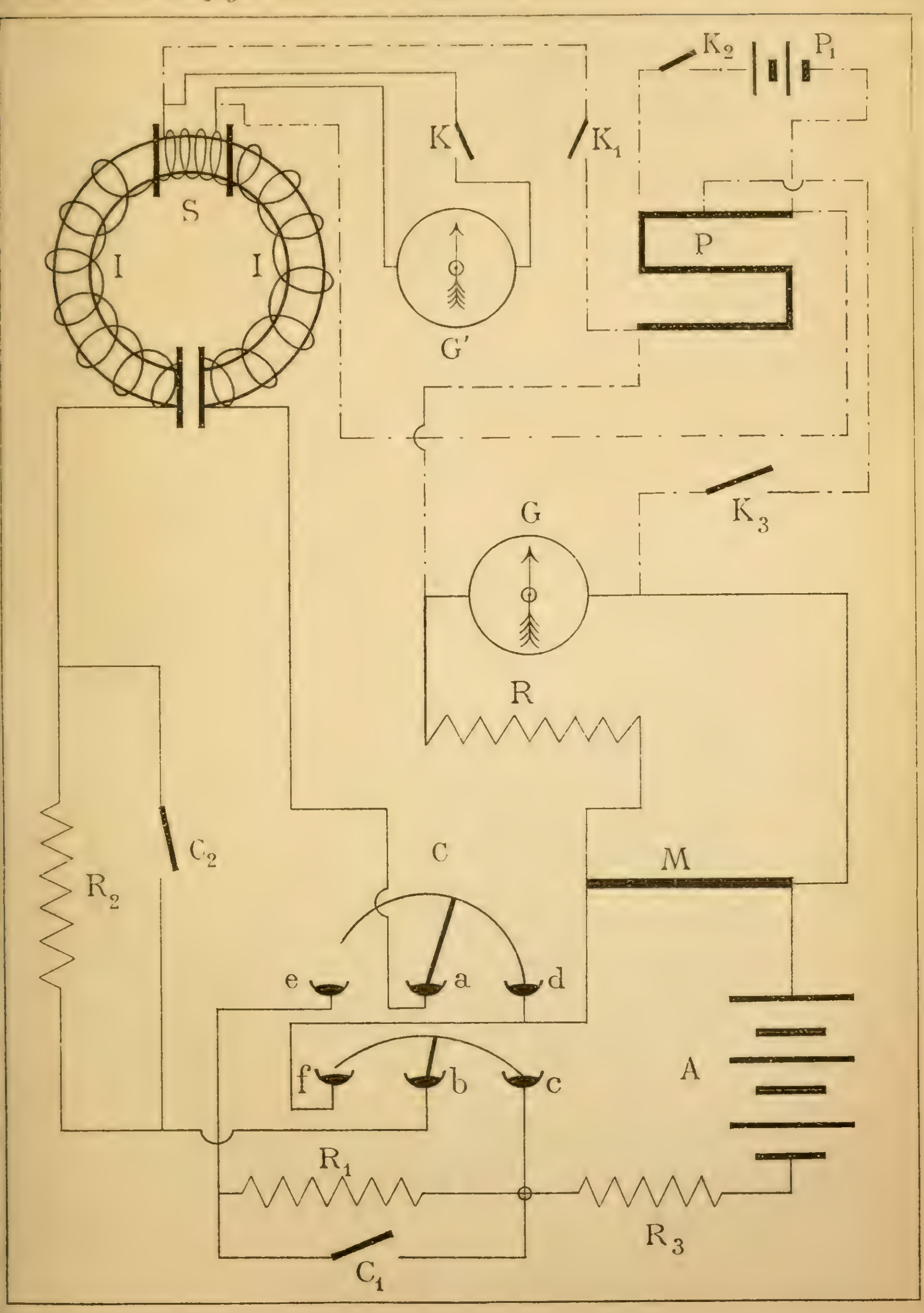


Fig. 8.


K
K1
K2
P1
P
S
I
I
G'
G
K3
R
R2
C2
C
M
e
a
d
f
b
c
A
R1
R3
C1

RECHERCHES

SUR LE

NICKEL ET SES ALLIAGES

PAR

Ch.-Ed. GUILLAUME

(Suite et fin [1].)

(Avec la planche IV.)

Densité et élasticité.

Le module d'élasticité des règles a été déterminé à l'aide d'un appareil employé autrefois par M. Benoît.

La barre à examiner, placée sur deux rouleaux, supportait en son milieu un plateau que l'on chargeait de poids croissants. On mesurait, à l'aide de trois cathétomètres, la flèche et l'écrasement des supports. Les mesures ont été faites sur les règles brutes, pour des distances des points de support égales à $0^m,9$ et $1^m,1$ et dans deux positions rectangulaires des barres. Les efforts fléchissants ont atteint 60^{kg} ou 80^{kg}. La plupart des mesures ont été répétées sur les barres rabotées.

Les densités ont été déterminées par des pesées hydrostatiques.

[1] Voir *Archives*, t. V, mars 1898, p. 255. — Les figures 1 à 6 de la planche se rapportent à la première partie du mémoire.

Les résultats de ces mesures sont consignés dans le tableau suivant :

Alliages.	Densité.	Modules d'élasticité en tonnes par mm².
5 °/₀ Ni	7,787	21,7
15 »	7,903	19,1
19 »	7,913	17,7
24,1 non magnétique	8,111	19.3
24,1 magnétique[1]	8,014	17,4
26,2 °/₀ Ni	8,096	18,5
27,9 »		18,1
30,4 »	8,049	16,0
31,4 »	8,008	15,5
34,6 »	8,066	15,4
35,2[2] »		14,9
37,2[3] »	8,005	14,6
39,4 »	8,076	15,1
44,3[3] »	8,120	16,3
100 »	8,750	21,6
12,2 + 1,0 Cr	7,892	19,0
16,2 + 2,5 Cr	·	19,6
16,8 + 1,0 Cr	7,892	18,3
34,8 + 1,5 Cr		15,5
35,7 + 1,7 Cr		15,7
36,4 + 0,9 Cr		15,7

Si l'on porte en abscisses les teneurs en nickel, en ordonnées les densités, on n'aperçoit pas à première vue, de relation bien nette entre ces deux variables; mais si l'on trace la droite des densités calculées par la loi des mélanges, on voit, malgré une grande irrégularité des résultats, que les densités sont trop fortes pour les alliages

[1] La transformation ne paraissait pas complète.
[2] Moyenne de dix règles pour l'élasticité.
[3] Moyenne de deux règles pour l'élasticité.

les plus dilatables, trop faibles pour ceux qui présentent l'anomalie négative.

Pour le module d'élasticité, une relation analogue ressort bien plus nettement des diagrammes. Sa valeur s'abaisse lentement jusque vers l'alliage à 20 pour 100 de nickel, se relève ensuite, passe par un maximum relatif, redescend vers un minimum et remonte lentement. Le maximum et le minimum sont bien accusés et coïncident sensiblement avec ceux de la dilatation; ils correspondent à l'excès et au défaut de densité, trop irréguliers d'ailleurs pour qu'on puisse parler d'un maximum ou d'un minimum de cette propriété.

Comme pour la dilatation, on voit disparaître le maximum relatif de densité et d'élasticité des derniers alliages irréversibles, lorsqu'on détermine ces deux propriétés pour le deuxième état de ces alliages. Par son passage à l'état magnétique, la densité de l'alliage à 24 pour 100 diminue en effet d'environ 2 pour 100, comme l'a déjà indiqué M. J. Hopkinson, et comme il résulte des mesures directes que j'ai faites de l'augmentation de volume de quelques alliages irréversibles pendant leur transformation. Pour l'alliage à 24 pour 100, j'ai obtenu deux valeurs très différentes du module. La première, 19,3, correspond à l'alliage avant toute transformation; la seconde, 17,4, a été trouvée sur la même barre refroidie préalablement à — 60° et assez fortement magnétique. Cependant, j'ai tout lieu de croire que la tranformation n'était pas complète. On voit que, dans cette transformation, le module d'élasticité s'était abaissé de plus d'un dixième de sa valeur.

Les résultats trouvés pour l'élasticité (E) et la dilatation (α) à la température ordinaire, dans le même état de

l'alliage, sont portés, pour en faciliter la comparaison, dans le diagramme fig. 7. La coexistence du maximum et du minimum est ici bien évidente.

En se plaçant à un point de vue simpliste, on pourrait dire que, dans la région des deux maxima, auxquels correspond aussi celui de la densité, les molécules de l'alliage, trop serrées à la température ordinaire, ont besoin de plus de place quand on chauffe le métal que si l'état d'agrégation était l'état normal ; enfin, la résistance aux déformations, due à des réactions intermoléculaires est exagérée. L'inverse se produit dans la région du minimum.

Il est à peine besoin de dire que cette façon d'énoncer les causes des trois anomalies déjà reconnues est seulement destinée à en montrer le lien, et nullement à en indiquer la raison intime. Nous verrons plus loin qu'il n'est pas impossible de poser les premiers fondements d'une théorie de toutes les anomalies dont il vient d'être parlé.

Si nous faisons abstraction de la partie ondulée de la courbe des modules d'élasticité, nous voyons que cette propriété est représentée, en gros, par une courbe concave vers le haut et qui descend d'un quart au-dessous de la droite, joignant les modules de l'acier et du nickel. L'alliage contenant 40 pour 100 de nickel et 60 pour 100 d'acier possède un module inférieur à celui de l'alliage dans lequel l'acier est remplacé par la même quantité de cuivre. Je reviendrai, à une autre occasion, sur les variations de l'élasticité avec la température.

Déformations permanentes.

Tous les aciers au nickel que j'ai étudiés éprouvent, sous l'action du temps, des variations de longueur qu'une

élévation de la température accentue, et dont les lois, très complexes auraient peut-être dérouté pendant longtemps les recherches si elles ne présentaient, au moins pour une catégorie d'entre eux, des analogies frappantes avec les variations de volume du verre, bien connues aujourd'hui dans leurs traits généraux à cause de leur importance pour la Thermométrie.

Les alliages irréversibles, que j'ai peu étudiés à ce point de vue, éprouvent, aux températures élevées, une contraction permanente, que l'on peut considérer comme un retour en arrière après l'allongement que le refroidissement leur a fait subir. Une exposition prolongée à 100° amène souvent une variation totale supérieure à $0{,}1^{mm}$ par mètre. Si l'on chauffe davantage, la contraction s'accentue encore. J'ai constaté ainsi, sur la règle à 15 pour 100 de nickel, refroidie d'abord à 0° après avoir été chauffée au rouge, et maintenue ensuite pendant huit jours à la température du laboratoire, une contractation de $0{,}17^{mm}$ par mètre à la suite d'une chauffe à 200° et d'un refroidissement graduel pendant quelques heures. On peut conclure de cette expérience et de plusieurs autres analogues que l'allongement constaté au refroidissement dans les alliages irréversibles n'est pas complet dès le premier moment, et qu'il se prolonge pendant plusieurs jours.

Les alliages irréversibles n'ayant, pour le moment, aucune importance pour la Métrologie, l'étude détaillée de ces variations résiduelles a été remise à plus tard. Le retour en arrière que l'on constate dès que l'on chauffe, prélude à la grande transformation qui s'achève au rouge.

Voici, dans leurs traits essentiels, les phénomènes que présentent les alliages réversibles :

Lorsqu'une barre d'un de ces alliages a été refroidie à l'air après le forgeage, elle éprouve, à toute température inférieure au début du retour à l'état magnétique, un allongement dont la vitesse dépend de la température actuelle et du traitement antérieurement subi par la règle. Plus la température est élevée, tout en restant inférieure à celle de la perte totale du magnétisme, plus la variation est rapide au début, mais plus aussi l'allongement définitif est faible.

Une barre qui a atteint un état définitif à une température déterminée recommence à s'allonger si on l'amène à une température plus basse. Inversement, lorsqu'une règle a pris sa longueur finale à une température basse, elle revient en arrière et se raccourcit lorsqu'on la chauffe. Elle se dilate d'abord en même temps que sa température s'élève, puis, lorsque celle-ci est devenue invariable, la règle se raccourcit légèrement. Les mouvements sont plus rapides à température ascendante qu'à température descendante pour une même température à laquelle la barre est exposée finalement.

Au-dessus de la température de perte totale du magnétisme, les phénomènes sont un peu différents ; leur étude est encore trop peu avancée pour qu'il y ait lieu de les décrire ici.

L'étude de divers alliages, considérés au-dessous de leur température de perte totale du magnétisme, montre d'abord que les mouvements correspondant à une même température diminuent d'amplitude et de rapidité à mesure que s'élève la teneur en nickel, Or, la température de perte totale du magnétisme s'élevant dans le même sens, on en conclut, par la simple comparaison des deux phénomènes, que la grandeur et la vitesse des mouve-

ments est d'autant plus grande que l'on est plus près de la température où l'alliage cesse d'être magnétique.

Un examen minutieux de la question montre que c'est, en effet, sous cette forme que la relation doit être énoncée. Ce n'est pas à dire qu'à une même distance de cette température, caractéristique pour chaque alliage, les mouvements soient les mêmes pour toutes les teneurs; la température vraie joue aussi un rôle, en ce sens qu'à distance égale du point de perte totale du magnétisme, les mouvements sont d'autant plus rapides qu'elle est plus élevée. Mais néanmoins c'est principalement à la température, comptée en descendant depuis le point de perte totale, que le phénomène doit être rapporté, si l'on veut en avoir une idée nette.

Il existe ainsi une sorte d'état correspondant pour tous les alliages de la deuxième catégorie, leur stabilité étant une fonction de la température comptée à partir du point de perte totale du magnétisme. Cette analogie des alliages à une même distance de cette température est encore plus accusée si l'on tient compte de leurs propriétés magnétiques. Il résulte en effet des expériences de M. E. Dumont que, si l'on s'en tient à une première approximation, la perméabilité magnétique de tous ces alliages est la même à égale distance de la température de perte totale du magnétisme.

Cette dernière température pourra être désignée sous le nom de température *critique* des alliages, par analogie avec celle qui joue un rôle prépondérant dans la théorie des fluides, et à partir de laquelle s'établit la correspondance des états.

On retrouvera des relations analogues pour d'autres propriétés des aciers au nickel.

Les déformations résiduelles peuvent être étudiées dans leur nature ou en vue des applications des alliages. Dans le premier ordre d'idées, j'ai fait de nombreuses mesures des variations d'une barre contenant 30,4 pour 100 de nickel, et qui présentait, pour cette recherche, l'avantage d'éprouver des modifications rapides et considérables.

Ces mesures ont montré qu'à 100° par exemple, une barre de cet alliage, préalablement forgée, s'allonge de 0,2 μ par mètre dans la première minute du recuit. Au contraire, lorsqu'on l'amène à cette température après un long repos à la température ordinaire, on constate une contraction de 1,5 μ dans la première minute. L'allongement initial à 60° est de 0,06 μ par minute, et à 15° de 0,002 μ si la barre est amenée à ces températures après le recuit à 100°. Après le forgeage, un recuit complet à 100° produisit un allongement total de 84 μ par mètre, et un recuit à 60° d'une durée de 827 heures un allongement supplémentaire de 69 μ. A la fin de ce dernier recuit, la variation horaire était réduite à moins de 0,02 μ. La règle ayant alors été ramenée à la température du laboratoire, varia de près de 1 μ dans la première journée, tandis qu'après un repos de six mois après le recuit à 180°, sa variation quotidienne était inférieure à 0,05 μ; cependant, la règle se trouvait dans le premier cas, par suite du recuit à 60°, de 33 μ plus longue qu'après le repos dont il vient d'être question.

Les phénomènes sont, on le voit, très complexes, et ne peuvent être élucidés que par de nombreuses observations qui, malheureusement, doivent être largement espacées en raison de l'extrême lenteur des mouvements aux températures peu élevées.

Il est un point surtout et qu'il ne faut pas perdre de vue, aussi bien pour la théorie de ces mouvements que pour l'emploi des alliages, c'est qu'une barre donnée peut arriver à la même longueur par deux voies distinctes, et se trouver alors à deux états bien différents. L'allongement déjà obtenu n'est l'indice de l'état d'avancement du recuit qui si l'on sait par quelle voie cet allongement s'est produit. Les nombres ci-dessus montrent ce fait à l'évidence ; ils sont corroborés par un grand nombre d'observations sur divers alliages.

J'aurai l'occasion de revenir sur ces phénomènes dans la discussion d'ensemble des propriétés des aciers au nickel. Cependant, je crois utile de reproduire ici un résumé des mesures faites sur une barre d'un alliage très peu dilatable, contenant 35,5 p. 100 de nickel.

Cette règle a été soumise à une série de recuits systématiques, continués chacun aussi longtemps que les variations étaient sensibles. Seul le recuit à 150° a été beaucoup plus long qu'il n'eût été nécessaire pour atteindre l'état final correspondant à cette température. Les premiers recuits ont été faits quelques semaines après le forgeage ; le dixième de micron conservé dans les résultats n'est exact qu'à quelques unités près. La plupart des nombres correspondant à la température ambiante sont des moyennes de plusieurs séries de mesures.

RÈGLE D'ACIER NICKEL A 35,5 p. 100 DE NICKEL N° 1.

Traitement de la règle.		Allongements pour 1 mètre.					
Température.	Temps.	Totaux.	A 150°.	A 100°.	A 60°.	A 40°.	Temp. ambiante (6 à 20°.)
		μ	μ	μ	μ	μ	μ
150°	40 heures	+ 8,1	+8,1				
100	1 —	+12,2		+ 4,1			
»	7 —	+19,3		+11,2			
»	47 —	+25,3		+17,2			
»	79 —	+28,1		+20,0			
60	45 —	+33,8			+ 5,7		
»	111 —	+36,7			+ 8,6		
»	202 —	+39,7			+11,6		
»	318 —	+40,5			+12,4		
40	88 —	+42,7				+2,2	
»	229 —	+44,3				+3,8	
»	395 —	+46,1				+5,6	
»	509 —	+46,7				+6,2	
»	698 —	+47,0				+6,5	
11	3 jours	+47,5					+0,5
»	17 —	+47,4					+0,4
»	33 —	+48,8					+1,8
11– 18	74[1] —	+49,3					+2,3
18– 20	118 —	+50,0					+3,0
20– 14	176 —	+51,6					+4,6
14– 8	244 —	+52,6					+5,6
6– 8	300 —	+52,8					+5,8
»	333 —	+53,5					+6,5
8– 9	375 —	+53,1					+6,1

[1] A partir de cette observation, les nombres de ce tableau sont des moyennes de plusieurs mesures faites en général à des jours différents.

Une autre règle d'un alliage très voisin fut d'abord recuite à 100° pendant 150 heures, puis abandonnée à la température du laboratoire. Les variations constatées pendant les premiers mois diffèrent très peu de celles de la règle précédente à la même température ; mais après un repos plus prolongé, les variations sont nettement plus fortes, comme le montre le tableau suivant :

RÈGLE D'ACIER NICKEL A 35,5 p. 100 DE NICKEL N° 2.

Traitement de la règle.		Allongements pour 1 mètre.	
Température.	Temps.	Totaux	Temp. ambiante. (6 à 20)
		μ	
100°	4 heures	+12,3	
»	21 »	+22,4	
»	71 »	+26,7	
»	118 »	+26,7	
»	150 »	+28,1	μ
10°	5 jours	+28,3	+0,2
»	14 »	+28,7	+0,6
»	30 »	+29,5	+1,4
10–11	54 »	+30,2	+2,1
10–15	92 »	+32,0	+3,9
16–20	145 »	+32,8	+4,7
20–14	223 »	+35,3	+7,2
14–8	343 »	+36,8	+8,7
6–8	385 »	+37,7	+9,6

On en conclut qu'un recuit systématique, à des températures successivement décroissantes, n'a que peu d'action sur les mouvements de la règle dans les premiers temps de repos à la température du laboratoire, mais que

ce recuit, bien conduit, abrège la durée de la variation sensible des barres.

Les expériences ci-dessus devront être complétées par une détermination des variations inverses à température ascendante. Mais ces expériences de très longue durée ne pourront être entreprises que lorsque les barres auront pris leur état définitif.

Les nombres qui précèdent montrent qu'il convient de n'employer les nouveaux alliages qu'après les avoir soumis à un recuit plus ou moins complet suivant l'usage auquel on les destine. Lorsqu'une variation de 10μ par mètre est admissible, un recuit de quatre-vingts à cent heures à 100° est pleinement suffisant pour assurer la permanence d'un instrument pendant une année au moins. Si une constance deux fois plus grande est exigée, il faut faire suivre ce recuit d'une série de chauffes telles, par exemple, que la règle séjourne au moins quatre cents heures dans la région de 80° à 60°, sept cents heures de 60° à 40°. Il n'y a aucun inconvénient d'ailleurs, comme aucun avantage semble-t-il à interrompre ces chauffes et à pratiquer le recuit en plusieurs fois.

Même après ce traitement, les variations seraient encore trop fortes pour des règles-étalons de premier ordre ; mais elles seraient réduites au-dessous de la limite imposée par la précision que comportent les règles géodésiques si l'on pouvait vérifier leur équation avant et après une campagne de quelques mois.

Ces variations sont aussi peu gênantes en horlogerie. Une variation de 1μ par mètre dans un pendule modifie sa durée d'oscillation d'une quantité inférieure à 0,05 seconde par jour. Or, après six ou sept mois de repos, une

barre de l'alliage le moins dilatable emploie de trois à quatre mois pour éprouver une variation de cet ordre. La variation mensuelle de la marche diurne est alors inférieure à 0,02 seconde, quantité le plus souvent négligeable, et dont on pourra tenir compte dans les meilleures horloges, en introduisant dans les formules un terme correctif de marche progressive, dont on déterminera la valeur par des observations astronomiques.

Résistance électrique.

On sait que les aciers au nickel possèdent une résistance spécifique élevée. Je l'ai trouvée peu différente d'un alliage à l'autre, et comprise pour tous ceux que j'ai étudiés, entre 80 et 90 microhms-centimètres.

Il était intéressant de voir si les relations trouvées entre les modifications magnétiques et les autres transformations que subissent ces alliages se retrouvent dans les variations de la résistance électrique. J'ai déterminé, pour cela, la résistance, à un grand nombre de températures comprises entre 20° et 150°, de quelques alliages choisis de manière à faire ressortir des variations de cette nature, si elles se produisent. Les résultats de ces mesures, portés sur un papier quadrillé, n'ont pas laissé voir la moindre déviation d'une courbe générale, embrassant plus de 100 degrés pour chacun des alliages. Pour tous ces alliages, la variation de la résistance a pu être représentée, dans tout l'intervalle dans lequel j'ai opéré, par une formule du second degré, dont le deuxième terme est peu important. Il serait certainement nécessaire de faire des mesures très précises pour qu'une irrégularité quelconque apparaisse dans les erreurs résiduelles.

Voici les résultats trouvés pour quelques alliages.

Alliages p. 100 Ni.	Variation moyenne entre 0° et θ.
22 Ni + Cr.	$(784 - 0,13\ \theta)\ 10^{-6}$
26,2	$(844 - 0,01\ \theta)$ »
28,7	$(700 - 0,20\ \theta)$ »
30,4	$(897 - 0,43\ \theta)$ »
35,0	$(1\ 561 - 1,69\ \theta)$ »
35,7	$(1\ 611 - 1,68\ \theta)$ »

Si l'on se reporte au tableau des dilatations, on voit que, alors que cette propriété se réduit dans le rapport de 20 à 1, l'accroissement de la résistance avec la température passe du simple au double. Il ne m'a pas été possible jusqu'ici de trouver une relation quelconque entre les variations de la résistance électrique et les autres phénomènes observés sur ces alliages.

Essai de théorie.

S'il peut paraître prématuré de chercher à établir une théorie complète des anomalies que présentent les aciers au nickel, il n'est pas trop tôt, semble-t-il, pour faire ressortir les relations sur lesquelles cette théorie peut déjà s'appuyer.

Remarquons d'abord que les alliages présentant les phénomènes les plus nets, correspondent à peu près aux formules Fe^2Ni et Fe^3Ni. Le premier est au minimum de dilatation ; le second est celui dont la transformation commence à la température la plus basse, et se produit dans le plus petit intervalle de température. En dehors de ces deux teneurs, nous avons affaire à des mélanges, et les phénomènes sont moins accusés.

J'ai insisté plus haut sur les singulières coïncidences

qui existent entre les variations magnétiques des alliages et leurs anomalies de dilatation. Les valeurs du module d'élasticité, bien que variant dans une bien moindre mesure que les dilatations, présentent une allure générale assez semblable dans ses anomalies pour que l'on puisse reporter sur cette dernière propriété ce qui va être dit des variations du volume.

On ne peut pas faire des mesures suivies sur les aciers au nickel sans être conduit à l'idée que leurs anomalies de dilatation sont dues à la superposition de deux phénomènes distincts. Les déformations résiduelles qu'ils éprouvent, et qui, dans les alliages réversibles, sont toujours de sens opposé aux dernières variations, au moins si l'on opère avec des alliages ayant séjourné longtemps aux températures antérieures à celle de l'observation, conduisent à penser que, dans le refroidissement, par exemple, une modification de structure qu'éprouve l'alliage, provoque une augmentation du volume moléculaire moyen, augmentation dont la majeure partie s'effectue en même temps que la température s'abaisse, mais dont un petit reste ne suit que très lentement le mouvement général. Le phénomène inverse a lieu au réchauffement.

La considération des alliages irréversibles, nous permettra de suivre plus loin cette explication. Nous savons qu'en se refroidissant, ces alliages deviennent magnétiques et augmentent de volume; on peut en conclure que l'établissement de l'état magnétique augmente le volume moléculaire moyen. Dans les alliages réversibles, nous voyons, dès qu'apparaît au refroidissement l'état magnétique, la contraction diminuer, et l'on est conduit à penser que ce phénomène est une simple conséquence du premier.

Ce qui vient d'être dit est le simple énoncé des faits, mis sous une forme synthétique et sans aucune hypothèse. Nous pouvons maintenant en pousser plus loin l'analyse en nous éloignant du résultat immédiat de l'expérience.

L'absence de magnétisme dans un alliage de fer et de nickel fait penser que cet alliage est une véritable combinaison chimique. Inversement, on pourra admettre que les alliages magnétiques de ces deux corps sont des mélanges pouvant d'ailleurs renfermer une certaine proportion d'alliage non magnétique. Le passage à l'état magnétique serait alors provoqué par la dissociation de l'alliage, dissociation partielle ou totale, réversible ou irréversible.

Le fait que la transformation dans un sens ou dans l'autre peut n'être que partielle conduit à admettre qu'il existe, dans certaines conditions, un équilibre physico-chimique entre les éléments combinés et les éléments dissociés. Les uns doivent alors être considérés comme un dissolvant, les autres comme un corps dissous. Suivant la catégorie d'acier, cet équilibre peut être stable, ou instable. Il est stable dans les aciers réversibles, puisque à toute température il s'établit de lui-même après un temps plus ou moins long, instable dans les aciers irréversibles, qui peuvent exister à une même température sous deux états bien différents, et ne se transforment que sur deux courbes très distantes dans les alliages qui présentent ce phénomène sous sa forme la plus typique. Nous avons vu que, dans ce cas, il peut se produire une complète instabilité au delà de la courbe de transformation, et un retour brusque à l'état correspondant à la température actuelle de l'alliage.

Cette variation dans l'équilibre chimique, à laquelle

il semble possible d'attribuer la cause des anomalies des aciers au nickel est elle-même une résultante dont la raison intime pourrait être cherchée dans une variation de l'affinité du fer et du nickel suivant la température. L'hypothèse de cette variation n'a rien qui doive surprendre, et elle permet d'expliquer si simplement une série de phénomènes peu ordinaires, qu'on lui accordera sans peine quelque crédit.

Les aciers au nickel ne sont pas les seuls corps pour la théorie desquels cette hypothèse puisse rendre des services.

La similitude très complète que l'on constate entre les variations de volume des aciers au nickel réversibles et celles du verre soumis à des températures variables conduit à attribuer ces dernières à une cause analogue.

On n'a pas donné jusqu'ici d'explication parfaitement satisfaisante de ces variations. Des analogies réelles entre ces résidus et ceux qui suivent les déformations élastiques ont fait considérer ces changements comme la véritable cause des déformations thermiques; mais si l'on calcule la fraction des résidus thermiques attribuables à des phénomènes d'élasticité, on reconnaît qu'il est impossible d'en expliquer ainsi plus de la centième partie[1]. Sans insister sur le détail des phénomènes, on trouve, dans une modification des combinaisons complexes qui constituent les verres une cause de perpétuelles variations, la combinaison et la dissolution faisant entre elles des échanges continuels suivant les variations de la température, avec un passage lent d'un état à l'autre à cause du peu de mobilité des molécules solides.

[1] Voir mon *Traité de Thermométrie*, p. 143.

Les verres d'une composition complexe présentent des résidus plus considérables que les verres ne contenant qu'un alcali, comme l'ont montré les expériences systématiques faites à Berlin par MM. H.-F. Wiebe et Rud. Weber. La diminution des résidus par un recuit prolongé reconnue par M. L. Baudin, serait due alors à la formation de certains composés stables, qui ne participeraient plus aux échanges.

Les résidus élastiques étant écartés comme cause des résidus thermiques, le parallélisme entre les deux ordres de phénomènes n'en subsiste pas moins, et conduit à penser qu'ils peuvent être ramenés à une même cause primordiale. On sait que la pression modifie les affinités dans les liquides et les gaz. Il en est vraisemblablement de même dans les solides, et les modifications qu'éprouvent les combinaisons chimiques dans les verres sous l'action d'une pression positive ou négative, pourraient être invoquées comme la raison première des résidus élastiques.

Si nous analysons de près le phénomène, nous arrivons assez aisément à comprendre l'existence des déformations *permanentes* sans l'intervention d'aucune force interne. Mais il n'en est pas de même des *résidus* de déformation qui disparaissent *lentement* après que la force extérieure a cessé d'agir. Si l'on admet qu'une pression modifie l'état de combinaison du verre, on trouvera, dans le retour à l'état chimique primitif, la force interne nécessaire pour ramener lentement le corps à la forme géométrique qu'il possédait avant l'intervention de toute force extérieure.

Cette théorie s'applique à un certain nombre de phénomènes sur lesquels il est inutile d'insister ici.

Applications.

La grande variété de propriétés que présentent les aciers au nickel, et dont plusieurs étaient inconnues jusqu'ici dans les métaux ou alliages, leur assurent des applications nombreuses.

La plupart de ces aciers sont peu oxydables; ils sont tous très tenaces, remarquablement homogènes et susceptibles d'un beau poli; presque tous ceux de la deuxième catégorie sont suffisamment malléables pour se prêter au laminage, à l'étirage en barres ou en fils, jusqu'à des diamètres inférieurs au dixième de millimètre. Enfin leurs anomalies de dilatation et leurs variations magnétiques les rendent propres à de nombreux usages.

Je mentionnerai seulement en passant l'emploi que l'on pourra faire de l'augmentation de volume de ces aciers par le refroidissement au calage des organes de machines les uns sur les autres. Un axe formé d'un acier au nickel irréversible pourra être ajusté dans son logement avec un jeu dont l'importance dépendra de son diamètre. Par un refroidissement approprié, on pourra produire son gonflement d'où résultera un serrage très énergique. Le frettage des bouches à feu pourrait être désormais pratiqué par le froid, au lieu d'être obtenu par le chaud comme on l'a fait jusqu'ici.

La perte de magnétisme, qui se produit à des températures facilement accessibles, permettra de réaliser, entre certaines pièces d'une machine, des attractions variables avec la température pour produire des efforts susceptibles d'être utilisés. Toutefois, quelque séduisante que puisse être l'idée d'appliquer au moteur thermomagné-

tique d'Edison des métaux qui perdent leur magnétisme à une température où ils ne subissent aucune détérioration, je n'insisterai pas sur cette application qui est encore très problématique [1]. Mais, s'il ne s'agit que d'obtenir des mouvements ou des signaux, il est très facile de réaliser des appareils utilisant ces propriétés.

J'ai construit un coupe-circuit fondé sur cette idée, et dont un modèle de démonstration est représenté dans la figure. Un fil d'un alliage réversible plongeant dans deux godets à mercure, ferme un circuit électrique; il est retenu en place par un aimant tandis qu'un ressort antagoniste tend à le faire quitter sa position. Si, le courant devenant trop intense, le fil s'échauffe et cesse d'être magnétique, le ressort l'enlève brusquement, et le courant se trouve interrompu. Une simple pression du doigt le rétablira instantanément.

Divers appareils de ce modèle ont été expérimentés par M. Zetter, directeur de la Compagnie française d'appareillage électrique. Ils ont été trouvés très constants et d'un fonctionnement sûr.

On pourra évidemment appliquer la même idée à la construction d'indicateurs de température, d'avertisseurs d'incendie, etc., dans lesquels on remplacera au besoin l'aimant par un électro-aimant ou un solénoïde.

Mais c'est sur les applications des singulières anomalies de dilatation des alliages réversibles que je voudrais surtout insister.

On sait combien les dilatations sont gênantes dans une foule d'appareils de haute et de moyenne précision.

[1] Voir à ce sujet l'article de M. Marcel Deprez dans la *Revue générale des Sciences*, du 15 février 1898.

Or la substitution de certains aciers au nickel, au laiton ou au bronze, réduirait d'un seul coup les erreurs dues aux dilatations au vingtième de leur valeur actuelle, en même temps que la plus grande dureté des nouveaux alliages et leur module d'élasticité plus élevé permettraient de réduire le poids des instruments. La facilité de polissage et la bonne conservation des surfaces rendraient inutiles les incrustations dont il a été question dans la première partie de ce travail.

Il est vrai que la résistance que ces alliages opposent au travail de l'outil exigeront de la part des constructeurs une étude nouvelle de la taille et de la trempe de ces derniers. La première impression que l'on reçoit lorsqu'on travaille un de ces alliages à la lime ou sur le tour, est qu'il augmente dans une très forte proportion la main-d'œuvre nécessaire à l'ajustage des pièces brutes. Mais un peu de pratique les fait juger plus favorablement.

J'ai indiqué les précautions qu'il convient de prendre pour se mettre à l'abri des trop fortes variations dues au recuit spontané de ces alliages. Ces variations — il convient d'insister sur ce point, — sont encore trop considérables pour que l'on puisse les employer à la construction des *étalons de haute précision*, mais elles sont sans aucune importance pour les étalons secondaires, pour les étalons de transition, ou pour les simples instruments de mesure dont les dimensions absolues à une époque donnée sont sans importance dans des limites étroites.

La faible dilatation rend l'emploi de quelques-uns de ces alliages très avantageux dans la construction des lames bimétalliques, dans lesquelles on cherche à obtenir une déformation aussi grande que possible. Je revien-

drai d'ailleurs sur cette question dans une prochaine étude consacrée à l'application des nouveaux alliages à l'horlogerie. Il suffira de mentionner ici les difficultés que l'on rencontre dans la compensation des chronomètres de marine par suite des effets de la force centrifuge sur les lames bimétalliques des balanciers libres à une de leurs extrémités. L'emploi des lames plus épaisses par la combinaison du laiton et de l'acier-nickel peu dilatable réduira beaucoup cette cause de variation des chronomètres.

Les variations de courbure d'une lame composée de deux métaux soudés sont proportionnelles, entre autres choses, à la différence de dilatation des deux métaux qui la composent. Or, en associant du laiton ou un acier-nickel très dilatable à un acier très peu dilatable, on peut obtenir une sensibilité au moins égale à celle que donne l'association du zinc et de l'acier. Mais on sait que le zinc provoque des variations résiduelles importantes des bilames et son emploi a été limité aux appareils desquels on n'exige aucune constance. Les expériences déjà faites sur des lames dont l'un des éléments est un acier au nickel peu dilatable, ont montré que l'on peut se fier absolument à leur fonctionnement. Les appareils fondés sur les variations de courbure d'une lame bimétallique, — thermomètres, thermo-régulateurs, balanciers compensateurs, etc., — sont trop connus pour qu'il y ait lieu d'insister spécialement sur chacun d'eux.

Il convient de faire remarquer que les aciers les moins dilatables ne sont pas seuls intéressants. La variation continue de la dilatation entre des limites très étendues permet de prévoir des applications d'un autre ordre. On est parfois conduit à associer ensemble diverses substan-

ces dont les unes sont des métaux, tandis que d'autres sont prescrites par leurs propriétés particulières. Il est alors important de choisir un métal tel que le jeu des dilatations se fasse sans introduire de tiraillements entre les divers organes de l'ensemble. Par exemple, il est bon que la monture des grands objectifs soit faite en un métal de même dilatation que le verre, pour éviter des variations dans le serrage. Les nouveaux alliages fournissent à ce point de vue tout ce qui peut être demandé; on peut même, avec deux teneurs différentes, obtenir des alliages possédant la dilatation de tous les verres et de tous les corps isotropes dont l'industrie ait à faire usage. Dans le même ordre d'idées, je citerai l'emploi d'alliages à dilatation moyenne pour les tubes de chaudières, qui se chauffant plus que les parois, exercent sur leurs extrémités des efforts, souvent désastreux.

Il est une application sur laquelle je crois devoir insister en terminant, c'est celle que l'on peut faire des alliages les moins dilatables à la construction des pendules compensés.

Aujourd'hui, on ne pratique plus guère, pour les pendules des horloges, que la compensation à gril et la compensation à mercure ; encore la première est-elle de plus en plus délaissée à cause de l'extrême difficulté d'ajustage des nombreuses tiges d'acier et de laiton qui doivent remplir la double condition d'être parfaitement guidées et absolument libres.

Dans le pendule à mercure, on contre-balance l'effet de l'allongement de la tige par la dilatation du mercure contenu soit dans un vase fixé au bout de la tige, soit dans un tube remplaçant cette tige, comme dans le système Riefler.

La dilatation relative du mercure dans le verre étant quinze fois environ plus grande que celle de l'acier, il suffit que la hauteur du mercure soit égale à la sixième ou septième partie de la longueur comprise entre l'axe de rotation et le centre d'oscillation du pendule.

Si l'on remplace la tige d'acier par un barreau de l'acier au nickel le moins dilatable, les erreurs sont réduites d'emblée dans le rapport de 12 à 1 ; un écart de 10 degrés en plus ou en moins ne produit plus, dans la marche diurne, que des différences inférieures à une demi-seconde, et c'est cette quantité déjà très petite qu'il reste à corriger par la compensation.

Il suffit, pour y arriver, d'adapter à la tige, une lentille d'un métal suffisamment dilatable, reposant sur un écrou. En faisant la lentille en laiton ou en acier au nickel très dilatable, on aura un rapport des dilatations plus favorable que celui qui résulte de la combinaison mercure et acier. On trouve facilement que, si l'on conserve les proportions de masse oscillante et de diamètre de la tige usitées dans les pendules astronomiques, la hauteur totale de la lentille sera d'environ 14 centimètres pour un pendule battant la seconde. La dilatation que l'on compense étant douze fois plus faible que dans le système ordinaire, les différences de température du haut en bas de la cage, et les écarts provenant des variations rapides de la température seront réduites dans la même proportion. On évitera, de plus, les inconvénients résultant de l'oxydation du mercure, de son évaporation, de la variation de forme du ménisque, et de sa mobilité.

Il est un point sur lequel il convient d'attirer encore l'attention, c'est la possibilité d'arriver, dans l'emploi des nouveaux alliages, à une compensation complète.

Lorsqu'on associe le mercure à l'acier, on établit la compensation pour deux températures déterminées, mais on renonce, pour les températures intermédiaires ou extérieures, à une compensation exacte. Il faut, en effet, pour qu'elle soit complète, que le rapport des deux dilatations soit le même à toute température, condition qui est remplie lorsque les deux termes des formules de dilatation sont séparément dans le même rapport. Or, pour l'acier, le deuxième terme est important, alors qu'il est presque nul pour le mercure. Il y a donc, dans le système habituel, avance aux températures intermédiaires et retard aux températures extrêmes.

Si maintenant nous nous reportons aux courbes de la figure 5, nous voyons que la dilatation est une fonction linéaire de la température en un point voisin de la dilatation minima ; si l'on revient en arrière, on trouvera entre les deux coefficients un rapport positif croissant, et l'on pourra, tout en restant dans la région de très faible dilatation, s'arrêter à un alliage qui donne un rapport des deux termes identique à celui du métal choisi pour la lentille. On aura réalisé ainsi la compensation complète à toutes les températures auxquelles les formules trouvées peuvent être appliquées, c'est-à-dire à toutes les températures auxquelles une horloge a quelque chance d'être exposée.

J'ai indiqué plus haut les réserves que commande l'emploi des nouveaux alliages, en raison de leurs variations avec le temps. Le pendule, même de haute précision, est l'un des instruments où ce défaut a le moins d'importance. Dans une horloge, les variations irrégulières et accidentelles sont, en effet, beaucoup plus dangereuses que les variations lentes et systématiques

dont la loi est connue. D'ailleurs, comme il a été dit, ces variations peuvent aisément être réduites à un vingtième de seconde en quatre mois pour la marche diurne[1].

Ce ne sont pas les seules applications que les nouveaux alliages permettront de prévoir; il est singulier que les plus importantes d'entre elles soient fondées sur une sorte d'instabilité moléculaire de ces corps sur laquelle repose l'ensemble de leurs anomalies.

[1] On trouvera dans le *Journal Suisse d'horlogerie* (n° de septembre 1897), le calcul d'un pendule compensé, institué par une tige d'acier au nickel peu dilatable et une lentille de laiton. La petitesse des dilatations que l'on corrige l'une par l'autre permet d'atteindre, dans ce calcul, toute l'exactitude désirable par des procédés d'une extrême simplicité.

RECHERCHES

SUR LES

PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES

DES

ACIERS AU NICKEL

PAR

Eugène DUMONT

(Avec la planche V.)

INTRODUCTION

Les anomalies magnétiques des aciers au nickel, n'ont été connues d'une façon évidente que depuis les remarquables travaux du Dr J. Hopkinson [1]. Cet auteur a étudié le fer, le nickel et toute une série d'alliages de fer et de nickel, ou de fer et de manganèse qui lui ont donné des résultats absolument inattendus.

Il a trouvé que l'acier à 25 pour 100 nickel est très peu magnétique à la température ordinaire, mais qu'il le devient lorsqu'on le refroidit à -- 40°. Cet alliage reste aimantable lorsqu'il revient à la température ordinaire. Pour ramener cet acier à l'état primitif, il faut le chauffer à environ 600°.

[1] Dr Hopkinson. *Phil. Trans.* p. 443, fer. 1889. *Proced. R. S.* t. XLIV, p. 317. 1888 nickel. *Proced. R. S.* 1889-90.

Depuis MM. Trowbridge et Samuel Shelden[1], ont étudié le magnétisme des aciers au nickel et au tungstène. Ils ont trouvé que l'addition de petites quantités de ces métaux à l'acier, a la propriété d'augmenter son magnétisme spécifique.

M. Herbert Tomlinson[2] a étudié les effets des forces mécaniques et de l'aimantation sur les propriétés physiques des alliages fer nickel. Pour les champs magnétiques compris entre 0,8 et 2 unités C G S, l'alliage contenant 30 pour 100 de nickel, a une perméabilité supérieure à celle du fer; pour les forces magnétisantes intenses c'est celle du fer qui est la plus grande.

M. Ch.-Ed. Guillaume[3], dans un travail d'ensemble sur les aciers au nickel, s'est occupé incidemment de leurs propriétés magnétiques. Il s'est attaché surtout, a établir les particularités magnétiques, pouvant servir de base à une classification et à une théorie de ces alliages.

M. Guillaume a établi pour la première fois, une distinction entre deux catégories d'aciers au nickel, les réversibles et les irréversibles.

Les alliages réversibles sont ceux qui perdent leur magnétisme graduellement, lorsqu'on les chauffe et le reprennent dans la même mesure lorsqu'on les ramène aux premières températures. Ils comprennent tous les aciers au nickel, dont la teneur est supérieure à 25 pour 100.

Pour ces alliages réversibles, la région de transformation s'élève avec la teneur en nickel; pour les teneurs très

[1] Trowbridge. *Journ. Phys.* 1890, 533.
[2] Tomlinson. *Proced. of the R. S.* t. 56, p. 103.
[3] M. Guillaume. *Comptes Rendus Ac. des Sc.* Paris, 5 avril 1897 et *Archives des sc. phys. et nat.*, mars 1898.

peu supérieures à 25 pour 100, l'alliage n'est magnétique qu'à des températures inférieures à zéro. Entre 27 et 40 pour 100, la température du point correspondant à la perte totale du magnétisme peut être calculée au moyen de la formule:

$$T = 34{,}1\,(n - 26{,}7) - 0{,}80\,(n - 26{,}7)^2$$

où n représente la teneur en nickel exprimée en centièmes.

La deuxième catégorie d'aciers comprend les alliages irréversibles, ce sont des aciers au nickel, qui à un de leurs états, sont très fortement magnétiques, ils perdent leur magnétisme graduellement entre le rouge sombre et le rouge-cerise et ne le reprennent qu'à une température d'autant plus basse qu'ils contiennent plus de nickel. Pour tous les alliages voisins de 25 pour 100 cette température est inférieure à zéro. Cette catégorie correspond aux aciers dont la teneur est inférieure à 25 pour 100.

De faibles traces d'irréversibilité se rencontrent chez les alliages réversibles dont la teneur est peu supérieure à 25 pour 100.

Préoccupé surtout par l'étude métrologique de ces nouveaux alliages, M. Guillaume m'engagea à étudier en détail leurs propriétés magnétiques. Qu'il me soit permis de lui adresser ici tous mes remerciements pour le vif intérêt qu'il a pris à mes recherches. J'ai, par la méthode d'induction, déterminé pour douze alliages, la perméabilité pour les températures comprises entre — 78° et 250° et pour des champs allant de 14 à 50 unités C G S.

La discussion de ces expériences, m'a conduit comme

on le verra plus loin à des relations entre la teneur en nickel, le champ magnétique et les températures.

Ce travail a été exécuté au laboratoire de Physique de l'Université de Genève. Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à MM. les professeurs C. Soret et A. Rilliet qui m'ont sans cesse aidé de leurs conseils.

CHAPITRE I

Description de la méthode et disposition des expériences

Parmi les nombreuses méthodes employées pour la détermination des constantes magnétiques, celles fondées sur l'induction donnent les meilleurs résultats. C'étaient elles qui convenaient le mieux à notre genre d'expériences. Tandis que les méthodes magnétométriques nécessitent l'emploi de longs barreaux, celles d'induction, peuvent s'appliquer aux fils enroulés en anneaux, ce qui permet d'avoir un appareil plus compact et plus facile à chauffer.

Dans ces méthodes, on mesure le flux d'induction dû à la variation du champ magnétisant. Plusieurs procédés sont en usage pour produire ce flux. Un premier consiste, comme dans la méthode Rowland [1], à donner au champ magnétisant des valeurs successivement croissantes, les variations du champ produisent un courant d'induction, dans une petite bobine reliée à un galvanomètre balistique. En opérant de cette manière, on augmente progressivement le courant, une erreur dans une lecture se répercute sur toute la série.

[1] Rowland. *Phil. Magaz.* 1873, t. XLVI, p. 140.

Dans le procédé employé par Hopkinson [1] et Ewing [2], on ramène chaque fois le métal dans son état magnétique primitif. On mesure toutes les variations du flux à partir du même état et l'on évite ainsi l'accumulation des erreurs.

C'est sur ce principe que repose la méthode suivie par Ewing dans un travail en collaboration avec Mlle Klaassen, c'est cette méthode que j'ai adoptée pour mes recherches.

Les appareils qu'exige la méthode d'Ewing sont peu sujets à se déranger avec le temps et le montage des expériences est facile.

[1] Hopkinson, Lyndall et Wilson. *Roy. Soc. Proc.* t. LIII, p. 352. *Trad. Lum. Electriq.*, t. XLVIII, p. 384.

[2] Ewing et Klaassen. *The Electrician*, 15 mai 1891. *Lum. Elect.* 1894, p. 136.

* Je donne ici les noms des principaux auteurs qui ont déterminé les variations des constantes magnétiques des métaux avec le champ et avec la température.

Rowland. 1874. *Phil. Mag.* [4], t. XLVIII, p. 321.

C. Baur. 1880. *Wied. Ann.* 1880, p. 394.

Schuhmeister. 1881. *Comp. Rend. de l'Ac. des Sc. de Vienne.*

Poloni. 1883. *Atti de Lincei*, v. n° 13, p. 262-264.

Trowbridge et Austin L. Mc Race. 1885. Mai. *Proced. Amer.* p. 462.

Barus et Strouhal. 1885. *Bull. of. U. S. geolog. Survey.* n 14, p. 1.

Bosanquet. 1885. *Phil. Mag.* 5me série, t. 19, p. 73.

Berson. 1886. *Journ. de Physique.* 2me série, t. 5, p. 437.

Ledeboer. 1888. *Journ. de Physique.* 2me série, t. VII, p. 199.

Hopkinson. 1889-1890. *Phil. Trans.* p. 443.

» 1889. *Proced.* R. S., t. XLIV, p. 317.

» 1889-1890. *Proced.* R. S.

Curie. 1895. Thèse pour le Doctorat Paris. Série A, n° 224. n° d'ordre 840.

Weiss. 1896. *Ecl. Elect.*, t. 8, p. 248.

Guillaume. 1897. *C. R.* 5 avril.

Morris. 1897. Thèse pour le Doctorat Zurich.

L'étude des propriétés magnétiques d'un métal, consiste à déterminer l'aimantation qu'il prend lorsqu'il est placé dans un champ magnétique convenable.

La première chose à faire est donc de fixer la valeur du champ produisant l'aimantation. Suivant les idées émises d'abord par Faraday, cette valeur pour un champ uniforme peut être représentée par le nombre de lignes de forces ou flux de force, traversant normalement l'unité de surface placée au point du champ dont on veut mesurer la valeur; un champ unité étant par définition celui où le flux de force est égal à un.

La valeur du champ est ordinairement désignée par la lettre H. Si le champ est produit par le passage d'un courant d'intensité i exprimée en ampères, dans une spirale de N tours formant un tore creux dont la longueur de circonférence moyenne soit l, ce champ peut être regardé comme uniforme à l'intérieur de la bobine et sera donné par la relation :

$$H = \frac{4\pi N i}{10 l}$$

La bobine magnétisante dont j'ai fait usage dans mes expériences était une bobine circulaire enroulée sur un tube de laiton, de 3 cm. de diamètre. Afin d'éviter la présence de tout courant d'induction, je l'ai fendu sur toute sa longueur. Quatre petites rondelles également en laiton, fendues suivant un de leurs rayons, ont été soudées à ce tube, elles servaient à séparer la bobine primaire de la bobine secondaire, et, aux deux extrémités à retenir les fils de la bobine inductrice.

Un petit intervalle de 7 mm. environ avait été pratiqué afin de faciliter l'introduction des fils d'alliage à l'intérieur de la bobine.

A la surface de la partie métallique, j'ai collé un carton d'asbeste qui était saupoudré d'une forte couche de poudre du même minéral.

La bobine primaire était enroulée sur ce tube, avec du fil de cuivre nu, de un millimètre de diamètre. Elle comprenait 8 couches, d'environ 170 spires chacune. Un espace d'environ un millimètre séparait chaque tour, dans cet intervalle j'avais introduit de la poudre d'asbeste.

Au début de mes expériences j'avais remarqué qu'en brûlant du papier d'asbeste, il apparaissait à sa surface une petite couche de carbone qui aurait certainement compromis l'isolement de mon anneau. Pour obvier à cet inconvénient, j'ais mis, comme je viens de le dire, entre chaque couche et entre chaque tour, du papier et de la poussière d'asbeste. Dans ces conditions, la bobine s'est très bien comportée ; des 1356 tours de fils, aucun n'a failli, la résistance est restée continuellement la même pendant tout le cours de mes expériences.

Le courant magnétisant est fourni par une batterie A de 6 accumulateurs (Pl. V), il est estimé au galvanomètre G, celui-ci du type Deprez d'Arsonval, est placé en dérivation sur une résistance consistant en un fil de maillechort M de 4,5 mm. de diamètre et de 30 cm. de long. Un boîte de résistance R de deux cents ohms sert à augmenter la résistance du galvanomètre.

Celui-ci a été étalonné à plusieurs reprises au moyen d'un voltamètre à cuivre. La cathode étant constituée par une plaque de platine d'environ 1,5 dm^2 de surface, l'anode par une plaque de cuivre de 2 dm^2, obtenue électrolytiquement. Le tout est plongé dans un vase contenant une solution de SO_4Cu pur, à 1,14 de densité

et additionnée de 5 pour 100 d'acide sulfurique concentré et pur. J'ai fait en tout six déterminations, je donne ici les résultats obtenus :

	Poids du cuivre déposé		Nombre de secondes	Intensité en ampères	Nombre de divisions	Pour une division
1.	gr.	1,0448	1800	1,765	700	0,00252
2.	gr.	0,726	1800	1,230	527	0,00251
3.	gr.	1,421	3000	1,19	476	0,00250
4.	gr.	1,044	1500	1,77	700	0,00253
5.	gr.	1,420	3000	1,19	476	0,00250
6.	gr.	0,920	1500	1,552	608	0,002555

Moyenne de toutes les expériences pour une division 0,00252 ampères.

Les déviations lues à ce galvanomètre ont toutes été observées sur une échelle de un mètre de long, au moyen d'une lunette placée à une distance égale à 1,32 m. du miroir.

La deuxième valeur que l'on doit déterminer pour avoir la perméabilité magnétique est B, le flux d'induction par unité de section. Pour connaître cette quantité il est nécessaire de trouver la valeur de Φ, le flux total d'induction magnétique ; celui-ci étant connu, on aura B, si l'on a la section S du métal qui remplit le tore :

$$B = \frac{\Phi}{S}.$$

Le flux total d'induction, s'obtient en faisant varier l'intensité du champ magnétisant. Cette variation de champ produira une quantité d'électricité induite dans une petite bobine de n tours enroulée autour du circuit inducteur et reliée à un galvanomètre balistique G'. Si R, représente la résistance du circuit secondaire y compris celle du galvanomètre, Q sera donné :

$$Q = \frac{\Phi}{R} \quad (1)$$

Cette quantité Q produit au balistique une élongation α, qui pour de faibles déviations du miroir et pour des variations d'intensité magnétisante effectuée pendant un temps très court, est proportionnelle à Φ. On pourra écrire :

$$Q = C\alpha. \tag{2}$$

C représentant la décharge donnant une élongation unité dans le galvanomètre, on la nomme constante balistique. On la déterminera facilement en déchargeant dans l'instrument une quantité connue d'électricité. Pour cela, j'ai fait usage d'un condensateur étalonné de un microfarad, provenant de la maison Carpentier à Paris, il était chargé à un potentiel connu. La capacité étant en microfarads et le potentiel de charge en volts, la quantité est en microcoulombs. Remplaçons Q par sa valeur dans l'équation 2). On aura en tenant compte du passage des unités pratiques aux unités absolues :

$$\Phi = \frac{C\alpha R \ 10^{-7} \times 10^{9}}{n}$$

$$\text{et} \quad B = \frac{C\alpha R \ 100}{nS} \tag{3}$$

Nous avons supposé le noyau métallique remplissant tout le tore, ce n'était pas le cas dans nos expériences. Si s, représente la section du tore, σ celle du fil à étudier. La valeur de Φ obtenue se compose de deux parties, l'une due à la variation du champ dans la section $s - \sigma$ d'air, l'autre à la variation de l'induction dans le métal de section σ. La première est $H(s - \sigma)$ la seconde :

$$B\sigma = \mu H\sigma$$

d'où

$$\Phi = H(s - \sigma) + \mu H\sigma$$

$$\text{et} \quad \mu = \frac{\Phi - Hs}{H\sigma} + 1 \tag{4}$$

Hs peut être calculé, H est connu, et la section peut être mesurée, dans notre cas $s = 0{,}74$ cm² environ. La détermination de la section étant une opération délicate, j'ai préféré mesurer directement le flux dû à l'air, en opérant sans noyau de fer et j'ai obtenu au balistique une élongation α'. Dans ce cas on a :

$$Hs = \frac{100\, C\alpha' R}{n}$$

La formule 4 devient ainsi :

$$5) \qquad \mu = \frac{\frac{100\, CR}{n}\left(\alpha - \alpha'\right)}{H\sigma} + 1$$

La bobine secondaire S dont j'ai fait usage était située à la partie médiane de l'anneau. Sur un espace de 6 centimètres 805 tours de fils de cuivre nu de 0,025 mm. de diamètre, isolés de la même manière et avec le même soin que pour la bobine primaire, constituaient cette bobine. Il y avait en tout 31 couches de fil d'environ 26 tours chacune.

La résistance de cette bobine était 56,1 ohms à la température de 20°.

Le galvanomètre balistique était du type Nobili, et possédait un aimant directeur augmentant beaucoup sa sensibilité, comme je l'ai indiqué ce galvanomètre a été étalonné au moyen d'un condensateur et d'une pile Gouy de force électromotrice 1,392 volt. J'ai fait usage d'un condensateur, d'un microfarad, la quantité d'électricité produite par la décharge donnait une élongation de 136 divisions. Dans ce cas la constante balistique est donnée, en faisant les corrections habituelles par la relation :

$$C = \frac{e}{\alpha}$$

En mettant dans cette expression les valeurs indiquées on a :

$$C = 0{,}00882 \text{ en microcoulombs}$$

Le galvanomètre étant amorti, il faut corriger α de l'amortissement. Cette correction n'est pas la même dans l'étalonnement par un condensateur, car le circuit est ouvert, et dans l'emploi de la bobine induite, circuit de résistance R. La constante ayant été déterminée en circuit ouvert, il faudra multiplier les élongations du balistique par

$$\frac{1 + \frac{\lambda}{2}}{1 + \frac{\lambda'}{2}}$$

λ étant le décrément logarithmique en circuit fermé sur R et λ' le décrément en circuit ouvert. La valeur de $\frac{\lambda}{2}$ a été trouvée 0,175, celle de $\frac{\lambda'}{2}$ 0,164.

Une autre correction à apporter est celle relative aux variations de la résistance de la bobine induite avec la température. Cette résistance a été déterminée à toutes les températures et nous a servi aussi à les estimer.

Les déviations du balistique étaient lues sur une échelle de un mètre de long. placée à 2,10 m. du miroir. Les oscillations pouvaient être arrêtées au moyen d'une petite bobine placée à côté du galvanomètre et parcourue à volonté par le courant d'une pile.

Les quantités mesurées par les déviations lues à ce galvanomètre n'étant pas proportionnelles à α, mais au $\sin \frac{\alpha}{2}$, il y a lieu de corriger l'élongation lue de la va-

leur correspondante. Je me suis servi à cet effet des tables de Czermak.

Marche d'une expérience.

L'alliage pour chaque série d'expériences, était introduit à l'intérieur de l'anneau, les deux extrémités se touchant. Afin de m'assurer que tout était en parfait état, je commençais par mesurer la résistance de la bobine secondaire, ce qui se faisait au moyen du pont de Wheatstone, (Pl. V.) Afin de faire varier le courant magnétisant, j'ai fait usage d'un commutateur à six godets C. Il est constitué par un double cavalier plongeant dans les godets à mercure *a* et *b* et pouvant basculer à gauche, dans les godets *e* et *f*, à droite dans les godets *d* et *c*. Quand la clef de court circuit C_2 est fermée, le commutateur joue simplement le rôle d'une clef d'inversion, basculé à gauche il renverse l'aimantation de l'anneau qu'il amène à l'extrémité opposée du cycle. C'est de cette manière que je déterminais les points à l'extrémité de chaque cycle. Dans toutes mes déterminations, les valeurs de la perméabilité sont données pour des champs allant du maximum positif au maximum négatif. La valeur de la variation de H est ainsi double, celle de Φ le sera aussi.

Afin de déterminer les points situés entre le maximum positif et le zéro, on procède de la manière suivante.

La clef d'inversion étant maintenue toujours à droite, on diminue brusquement le courant sans en changer le sens. Pour cela, on enlève les fiches à la boîte de résistance R_2, on ouvre C_2, le courant diminue et l'on observe au balistique une élongation permettant de déterminer la diminution du flux magnétique; on revient ensuite à

l'aimantation initiale en fermant C_2, après avoir fait parcourir au barreau un cycle complet. A cet effet, on fait basculer plusieurs fois de suite le cavalier à gauche puis à droite, en ayant bien soin de refermer C_2, de manière à donner au courant magnétisant, les valeurs successives correspondant au maximum positif et au maximum négatif. En répétant ces opérations avec des valeurs croissantes de R_2 on obtient tous les points de la courbe d'aimantation compris entre le maximum positif et le zéro du champ magnétisant.

Si l'on veut déterminer les points compris entre le zéro et le maximum négatif des courbes du magnétisme, on met entre *c* et *e* une résistance R_1, le déplacement du cavalier à gauche, a pour effet d'envoyer dans l'anneau un courant magnétisant de sens opposé au courant primitif et d'intensité variant suivant la valeur de R.

A la boîte de résistance R_1, enlevons successivement les différentes fiches en laissant cette fois C_1 ouvert, chaque mouvement de la clef vers la gauche aura pour effet de déterminer un nouveau point de la courbe. Après chaque opération on remet R_1, en court circuit, on fait basculer plusieurs fois de suite le cavalier, afin de ramener le métal dans les conditions magnétiques initiales. De cette façon on déterminera tous les points compris entre le zéro et le maximum négatif de la force magnétisante.

Les deux parties de courbes, obtenues par les opérations que nous venons d'indiquer, définissent d'une manière complète le cycle magnétique. L'autre moitié de la courbe étant symétrique de la première, s'obtiendra en reportant les résultats précédents.

J'ai remarqué que pour obtenir des courbes bien régulières, il est nécessaire pour ramener le métal dans

les conditions magnétiques initiales de basculer au moins dix fois à intervalles réguliers le cavalier.

Pour chaque alliage j'ai fait environ six séries de mesures, dont chacune comprenait 8 et quelquefois 10 lectures.

Calcul d'une expérience.

Considérons par exemple l'alliage 34, 6 °/₀ de section $\sigma = 0{,}775 \text{ mm}^2$.

Déterminons tout d'abord le champ. La déviation accusée au galvanomètre Deprez était de 594 divisions, nous savons d'après l'étalonnage qu'une division correspond à 0,00252 ampères. Le nombre de tours de fils est 1356, la longueur de la bobine 54,5 cm. D'après la formule I.

$$H = \frac{4\pi N i.}{10 l} = \frac{12{,}57.1356.1.56.}{545.} = 50$$

Le champ magnétisant est donc de 50 unités C G S.

Quant à Φ, on l'aura par la formule 2.

L'élongation lue au galvanomètre balistique, celle due à la variation du champ a été pour les diverses expériences, l'effet dû à l'air étant déduit (250 divisions).

1	$\alpha - \alpha'$	=	239.	
2	$\alpha - \alpha'$	=	240.	
3	$\alpha - \alpha'$	=	239.	
4	$\alpha - \alpha'$	=	242.	Moyenne
5	$\alpha - \alpha'$	=	237.	239
6	$\alpha - \alpha'$	=	237.	
7	$\alpha - \alpha$	=	239.	
8	$\alpha - \alpha'$	=	239.	

Comme la variation du champ allait de + 50 à — 50,

cette valeur pour un champ variant de zéro à H doit être divisé par 2 :

$$\frac{\alpha - \alpha'}{2} = 119{,}5.$$

A 20° la résistance de la bobine secondaire est de 56,1 ohms, celle du galvanomètre 175 ohms, R = 231,1 ohms. Le nombre de tours de la petite bobine est de 805. La constante balistique a été déterminée c'est 0,00882.

Remplaçons dans la formule 3 les lettres par leurs valeurs, il viendra :

$$\mu \frac{\frac{100 \ \text{CR}}{n}\left(\alpha - \alpha'\right)\frac{1+\frac{\lambda}{2}}{1+\frac{\lambda'}{2}}}{\text{H}\ \sigma} + 1.$$

En tenant compte des décréments logarithmiques comme nous l'avons indiqué, on pourra calculer :

$$\text{K} = \frac{100 \quad 0{,}00882 \quad 231{,}1}{805} \ \frac{1{,}175}{1{,}164} = 0{,}2984.$$

K étant une constante pour chaque température.

$$\mu = \frac{0{,}2984 \ \ (119{,}5)}{50 \quad 0{,}00775} + 1 = 92{,}9.$$

Système de chauffage.

Pour opérer à haute température, j'ai fait usage d'un bain d'air.

Une marmite en fonte, contenant environ 6 à 7 dm³ d'air, était chauffée au moyen de brûleurs à gaz. Une couronne d'ardoise d'environ 25 cm. de diamètre, était suspendue à l'intérieur de la marmite. Sur cette plaque

d'ardoise, était disposée une couronne de carton d'asbeste de même dimension, sur laquelle l'anneau était placé, toujours dans les mêmes conditions. Les fils de connexion des bobines étaient soigneusement isolés au papier d'asbeste.

Au couvercle de la marmite deux trous étaient ménagés, ils servaient à placer les thermomètres à mercure. L'un de ceux-ci était situé dans l'intervalle disposé pour l'introduction des alliages et indiquait la température exacte du métal. L'autre était près de la bobine induite. Au bout de quelques heures de chauffage, les deux thermomètres indiquaient à un ou deux degrés près la même température. Les points fixes de ces deux thermomètres ont été vérifiés plusieurs fois dans le cours de mes expériences.

Comme contrôle de la mesure des températures, je les ai estimées aussi par le changement de résistance de la bobine secondaire. Une étude préalable de celle-ci a été effectuée. Les indications données par les résistances ont toujours coïncidé avec celles données par les thermomètres.

Pour certains alliages il était intéressant de les étudier à basse température. Il a fallu trouver un dispositif permettant de refroidir tout l'appareil. Une boîte circulaire en zinc ayant les dimensions de l'anneau, servait à le recevoir. Deux récipients contenant du chlorure de calcium étaient introduits à l'intérieur et servaient à empêcher un dépôt d'eau sur les bobines. Le couvercle était bien luté au moyen de cire molle et le tout plongé, soit dans la glace fondante soit dans un mélange de glace et de sel marin. La température dans ces conditions était observée avec des thermomètres à alcool et par le changement de résistance de la bobine secondaire.

J'ai opéré quelquefois aux basses températures, que l'on peut obtenir à l'aide de neige carbonique. Je suis allé ainsi graduellement de 0 à — 78°. Comme les alliages qui devaient être étudiés dans ces conditions ne nécessitaient pas le refroidissement de tout l'appareil, l'alliage seul était porté dans un verre contenant de l'alcool refroidi par son mélange avec la neige carbonique.

Les températures étaient évaluées soit au moyen d'un thermomètre à alcool soit par une résistance consistant en un fil de platine très fin. Cette résistance avait déjà servi à MM. C. Soret et E. Guye [1] dans leur travail sur la polarisation rotatoire du quartz, elle a été graduée au moyen d'un thermomètre à air.

Echantillons d'acier au nickel.

Tous les aciers étudiés sont des alliages qui ont été préparés dans les aciéries d'Imphy, de la Société Commentry-Fourchambault. Ils m'ont été gracieusement fournis par M. Ch.-Ed. Guillaume. Quelques alliages m'ont été remis en blocs et ont été tréfilés à Genève, les autres directement en fils.

Outre les métaux principaux, ces alliages contiennent de petites quantités de substances employées dans la métallurgie des aciers, soit, carbone, silicium, manganèse, en tout environ un pour 100.

Les fils dont j'ai fait usage avaient des diamètres compris entre 0,4 et 1 mm. La section a été déterminée avec le palmer d'abord, afin d'avoir approximativement

[1] Ch. Soret et C.-E. Guye. *Archives des sc. phys. et nat.*, t. XXIX, 15 mars 1893.

le diamètre, puis au microscope, muni d'un micromètre oculaire. Comme contrôle j'ai fait plusieurs déterminations avec le sphéromètre.

L'approximation avec laquelle ces diamètres ont été déterminés est de l'ordre du cinquantième de mm. environ. D'après mes calculs une erreur de $^1/_{50}$ de mm. amène une faute d'environ $^1/_2$ pour 100 dans la valeur absolue de la perméabilité.

Si la petitesse de la section peut être une cause d'erreur, l'emploi de fils est d'autre part avantageux, le métal étant beaucoup plus homogène que dans une grosse barre.

La longueur des fils était celle de la bobine, soit 54,5 cm.

Pour augmenter la section, plusieurs alliages ont été étudiés sous forme de deux fils placés l'un à côté de l'autre.

Recuit.

Deux alliages seulement ont été étudiés non recuits. Les autres ont été chauffés au rouge, puis refroidis très graduellement dans l'espace de trois jours environ. Afin d'éviter toute oxydation, les aciers ont été placés dans un creuset en terre, contenant de la magnésie calcinée; malgré toutes les précautions, ils se sont recouverts d'une légère couche d'oxyde mais j'ai pu m'assurer que celle-ci n'influait que très peu sur les résultats.

J'ai fait plusieurs séries d'expériences avec des fils qui ont été recuits au rouge et refroidis dans l'espace d'une heure dans des cendres de bois. Les résultats obtenus différaient au plus de un pour 100 des précédents.

Quelques déterminations ont été effectuées avec des

fils recuits au rouge et refroidis à l'air libre. J'ai pu constater que dans ces conditions les résultats différaient d'environ 2 à 3 pour 100 de ceux obtenus avec les alliages recuits dans la magnésie.

(A suivre.)

L'AUTOMOBILISME ET LA FORCE MOTRICE

LE MOTEUR AIR-EAU

PAR

Raoul PICTET

Chapitre I.

Introduction.

L'automobilisme semble né d'hier et remonte cependant à bon nombre d'années.

Dès longtemps on a cherché à faciliter les communications des hommes entre eux ; pour les transports de personnes, marchandises de toutes espèces, objets nécessaires à la vie, on s'est ingénié à construire des appareils n'employant pas de moteurs animés : hommes, chevaux, bœufs, etc.

La production de la force motrice étant devenue une chose courante, cette recherche de la facilité des rapports a suscité bien vite l'idée de la construction de ces voitures dénommées tout naturellement « automobiles. »

Les premiers ingénieurs qui se sont occupés d'automobilisme ont d'abord songé à adapter un moteur quelconque à une voiture.

Leur programme consistait à *espérer* que ce moteur serait capable de conduire la voiture d'un lieu à un autre. Cette méthode empirique était insuffisante ; la série de ces premiers essais l'a démontré.

La voiture dite « automobile » doit satisfaire à des conditions infiniment plus diverses que le matériel cheminant sur les voies ferrées dont les pentes sont toujours modérées et la piste soigneusement préservée d'encombrement.

Les véhicules automobiles sont destinés à se mouvoir sur les routes ordinaires au profil souvent des plus accidentés. Ici, c'est une côte de 3 à 4 $^{0}/_{0}$, plus loin une rampe atteint 10 à 12 $^{0}/_{0}$, ailleurs des cailloux cassés, mis pour renforcer la route, en rendent le passage momentanément difficile : il faut souvent franchir des ornières, traverser des espaces de boue liquide; à tout moment enfin, on se trouve en face d'obstacles imprévus.

L'automobilisme doit s'accomoder à toutes ces circonstances sans qu'il survienne de heurts ni d'accidents; il faut pouvoir s'arrêter tout à coup, changer de direction, tourner sur une superficie restreinte, marcher en arrière, revenir sur ses pas, changer d'allure, faire de la vitesse ou aller fort lentement.

L'automobile a souvent une longue course à fournir sans rencontrer de lieux habités, sans trouver ni eau, ni charbon, ni pétrole, aucun combustible enfin utile à la locomotion.

Les premiers moteurs pour automobilisme — petites machines fort simples — étaient bien loin de se plier à toutes les conditions que la pratique impose, et les ingénieurs ont longtemps délaissé un problème qui leur semblait trop ardu et hérissé de difficultés immenses.

Ainsi, pendant une période approchant d'une cinquantaine d'années, l'automobilisme n'a eu comme manifestations que quelques appareils divers, objets de musées ou de collections historiques servant à l'enseigne-

ment de la mécanique, parfois, hélas ! souvenirs funèbres rappelant l'accident mortel qui coûta la vie au malheureux inventeur.

Les premiers automobiles en effet furent la cause d'incidents néfastes et ont ainsi contribué pour beaucoup au discrédit qui a longtemps frappé cette question, cependant si intéressante.

J'en puis parler ici sérieusement, car en 1881, j'essayais un instrument de ce genre, comportant déjà un perfectionnement notable sur les appareils antérieurs. Je faisais une course dans le canton de Genève avec M. René Thury — électricien de grande valeur — et tous deux nous faillîmes périr par un accident demeuré profondément gravé dans notre mémoire.

Fallait-il donc abandonner la recherche de la solution du problème ? Nullement, car aucun principe théorique ne frappe l'automobilisme dans ses œuvres vives.

Aucune difficulté systématique n'intervient dans les éléments immédiats : Transporter un corps lourd d'un point à un autre est une chose possible : faire varier la vitesse est également une chose possible ; faire stopper une machine l'est aussi, de même que la diriger à droite, à gauche, marcher en avant, en arrière.

Il s'agissait en premier lieu de définir le problème, qui paraît peu soluble dans son ensemble, et dont chaque partie envisagée séparément ne semble comporter aucune difficulté essentielle.

En pareille occurence il faut employer avec la dernière rigueur la méthode précise qui doit diriger toute invention utile en éliminant de plus en plus les causes d'insuccès.

Cette méthode consiste à faire un programme prélimi-

naire fixant avec grand soin la totalité *des conditions nécessaires sans lesquelles l'invention n'existe pas ou demeure incomplète.*

Lorsque ce programme est établi avec la rigueur désirable, il est rare que l'instrument construit sur ce canevas ne représente pas un progrès très sensible.

Faute d'avoir appliqué cette méthode laborieusement prudente, des efforts considérables se sont trouvés arrêtés et perdus ; bon nombre d'inventions, conçues d'une façon insuffisantes, n'ont abouti qu'à un fiasco. Sur certains points, elles réalisaient une amélioration, mais demeuraient improductives par l'insuffisance de l'ensemble, qui ne permettait pas de mettre en valeur le progrès conçu.

Dans le cas spécial qui nous occupe, l'automobilisme, on est contraint de faire une étude scientifique des plus serrées sur l'origine de la force mécanique, sur les conditions de sa production et notamment sur la dépense que cette force motrice occasionne.

L'automobilisme est ainsi un exemple frappant du caractère essentiel de la fin du dix-neuvième siècle au point de vue industriel.

En effet, autrefois, la science s'occupait des phénomènes naturels, mais non de leurs applications industrielles. Elle restait, si l'on peut dire, à l'état platonique et ne recherchait les causes que pour les causes elles-mêmes.

Aujourd'hui, par une sorte de compensation, ce sont les problèmes industriels qui se présentent avec l'acuité la plus considérable.

Ils réclament cependant pour leur solution des réponses à des questions purement scientifiques et la science

se trouve ainsi amenée, uniquement pour la satisfaction de besoins matériels, à faire appel à de nouvelles forces pour entrer dans des régions qui seraient demeurées inexplorées sans la cause efficiente qui les oblige à se manifester.

L'automobilisme doit, pour élaborer son programme, suivre point par point les nombreuses expériences faites sur le terrain.

I. L'automobile doit posséder un moteur qui puisse permettre au véhicule de circuler sur n'importe quelle route, avec toutes les déclivités correspondant aux pentes les plus importantes que les lois sur les routes autorisent aujourd'hui, soit 10 à 12 °/₀.

II. L'automobile doit s'alimenter avec des matières premières communément répandues sur la terre, afin de pouvoir trouver aussi facilement et aussi fréquemment que possible les substances nécessaires à la production de la force motrice.

Nous laissons de côté dans ce programme toutes les autres conditions qui ont rapport à la stabilité, à l'absence de trépidations, à la souplesse et à l'obéissance du mécanisme au point de vue de la direction, ainsi qu'à la situation respective du conducteur et des appareils de commande, etc.

Nous nous bornons donc ici à indiquer les deux conditions fondamentales qui touchent à la production de la force motrice, faisant porter le centre de gravité de ce travail sur cette question :

Quel doit être le moteur idéal pour un automobile et que dit la théorie sur la possibilité de construire un moteur répondant au programme élaboré ?

Nous préciserons exactement notre problème, et l'on

verra comment de cette question industrielle, d'ordre purement matériel est sorti un travail essentiellement théorique.

On verra qu'il faut, pour arriver à une étude à peu près complète sur la force motrice, explorer des régions qui n'ont plus rien de commun avec l'automobilisme, mais où nous cherchons et rassemblons les données qui permettent de constituer un théorème sur l'application de la théorie mécanique de la chaleur à la production de la force motrice.

Il est important de bien préciser les origines de cette question théorique, car elle est une démonstration péremptoire et caractéristique du temps où nous vivons, et des relations nouvelles établies entre ces deux éléments qu'on appelait autrefois la théorie et la pratique, jadis très séparées et devenues aujourd'hui si intimement liées qu'on ne saurait les distinguer.

Chapitre II.

La pression atmosphérique et les moteurs.

L'action continue sur terre de la pression atmosphérique est un fait absolument connu, mais on ne se préoccupe pas assez de ses conséquences et de son influence sur les moteurs.

Tous les moteurs existant aujourd'hui fonctionnent avec des pistons sous la poussée de gaz ou de vapeurs. Nous éliminons tout ce qui a trait aux machines électriques et aux moteurs en dehors des machines thermiques).

Un piston reçoit sur une face l'effort des gaz sous une

certaine pression et fait sortir ces mêmes gaz sous une pression différente.

Le volume engendré par le piston, multiplié par le logarithme népérien du quotient des pressions initiale et finale et par une constante, représente le travail fourni par le moteur.

On voit donc que pour tout moteur placé sur un automobile, moteur circulant à l'air libre et sans contact possible avec des puits ou des cours d'eau, il y a impossibilité absolue d'échapper à la pression atmosphérique.

Cette pression atmosphérique est donc une constante, paramètre accidentel, qui agit avec une influence inéluctable sur tous les moteurs quelconques appliqués aux automobiles.

Puisqu'on ne peut pas éliminer ce facteur, qu'il agit d'une manière permanente, voyons quelle est son influence sur les différentes machines dont l'ingénieur peut disposer aujourd'hui.

Dans les machines à air chaud, la pression atmosphérique permet au piston qui aspire le gaz de recevoir l'air à son entrée dans l'appareil à une pression égale à celle de la sortie.

Le travail de la pression atmosphérique n'intervient donc pas pour modifier le nombre des kilogrammètres que peut fournir ce moteur.

Mais on sait que les machines à air chaud sont malheureusement jusqu'à présent des moteurs assez encombrants, de dimensions trop volumineuses pour être facilement portés par des voitures légères et l'on sait également que le rendement de ces appareils est insuffisant pour le travail effectif à fournir lorsque l'automobile est appelé à gravir une rampe un peu raide.

Par contre, ainsi que la théorie l'indique, ces moteurs

peuvent donner un travail relativement très économique.

Donc, si l'on pouvait conserver les avantages d'une machine à air chaud et obtenir une puissance supérieure à celle qu'elle développe dans les conditions ordinaires, on aurait fait faire un grand pas à l'automobilisme.

Parlons maintenant des machines à vapeur.

Ces appareils prennent de l'eau, liquide absolument abondant et merveilleusement indiqué pour l'automobilisme. On évapore cette eau sous des pressions variables, et la vapeur, introduite dans les cylindres, produit son effet et est ensuite exclue à l'air libre sous la pression atmosphérique.

La machine à vapeur semble par conséquent, au premier abord, répondre aux besoins des automobiles.

Cependant, examinons les deux conditions fondamentales que nous avons formulées plus haut dans notre programme ; leur étude nous permet de déterminer les conséquences qui pèsent lourdement sur la construction et le rendement de ces machines.

Nous avons dit en effet qu'un automobile doit pouvoir circuler sur toutes les routes jusqu'à concurrence de pentes de 10 et 12 °/₀.

Dans ces conditions, si la vitesse ne doit pas être modifiée d'une façon par trop grande et si l'on veut éviter l'emploi d'engrenages coûteux, faisant toujours un bruit déplaisant pour les personnes qui sont dans la voiture, il faut à tout prix que le moteur puisse donner à certains moments une puissance sept à huit fois supérieure à celle qu'il donne lorsque la machine roule en palier.

Dans la plus grande partie des pays et sur la plupart des routes, le trajet effectué en palier domine. La rampe, surtout lorsqu'elle est raide, est une exception.

On est donc forcé de faire fonctionner une machine dans les conditions ordinaires et normales, de telle sorte que son rendement soit environ le septième ou le huitième du travail maximum dont elle est susceptible.

Ces conditions sont désastreuses au point de vue du prix de la force motrice.

En effet, prenons une machine à vapeur de cent chevaux, qu'on ferait marcher d'une manière continue ne fournissant que 10 à 12 chevaux seulement, — étant donné bien entendu qu'elle fonctionne sans condensation.

On se rend immédiatement compte de l'énorme dépense de vapeur de cette machine pour le faible travail normal qu'elle fournit. Le cylindre de cette machine est trop grand pour ce travail, et l'admission de la vapeur ne se fera que sur une très petite partie de la course du piston.

Et cependant, arrivé à la fin de sa course, le cylindre doit être rempli de vapeur à la pression atmosphérique, et cette vapeur échappe à la température minimum de cent degrés.

Elle a très mal travaillé et son travail coûte fort cher.

Par contre, si l'on vient à exiger de cette machine le maximum de cent chevaux, son coefficient de rendement s'améliore de plus en plus à mesure qu'on réclame un travail supérieur.

Cette amélioration s'accentue jusqu'à une certaine limite fixant le maximum pour cette machine. A partir de ce point, si on force le travail, le coefficient s'abaisse de nouveau, la vapeur s'échappant sous une pression supérieure à la pression atmosphérique.

Ces considérations démontrent que la machine, à bord d'un automobile, doit pouvoir donner dans les rampes un effort sept à huit fois plus considérable que dans le

travail normal. Les dimensions des cylindres doivent conséquemment être prévues de telle façon que l'automobile puisse franchir toutes les rampes. Ces dimensions sont facilement chiffrées.

Dès que cette machine marchera en palier, elle fonctionnera dans les conditions déplorables que nous avons signalées plus haut.

Il ne faut pas songer un instant à porter avec soi une quantité d'eau suffisante pour la condensation de la vapeur. Le poids de cette eau rendrait illusoire toute tentative d'automobilisme.

Si nous appliquons la théorie mécanique de la chaleur à cet exemple, nous voyons qu'en palier la vapeur va travailler sous une faible pression dans l'intérieur du cylindre, et s'échapper à la pression atmosphérique à une température d'environ cent degrés.

Une pression de quatorze atmosphères peut être envisagée aujourd'hui, tant au point de vue de l'emploi des graisses qu'à celui de la construction même de la machine, comme un maximum difficile à dépasser. Donc la température la plus élevée de la vapeur pendant le travail maximum est fournie par la température correspondant à la tension maxima de quatorze atmosphères pour la vapeur d'eau, soit deux cents à deux cent-dix degrés pour la pression maximum.

Le rendement thermique de cette machine sera donné par la formule :

$$\text{Traval} = 10333\ V^{210^\circ}\, l\left(\frac{P'}{p}\right) = Q\ \frac{T'\text{-}T}{T'} =$$

$$Q\ \frac{(273^\circ + 210^\circ) - (273 + 100^\circ)}{(273 + 210^\circ)} = Q \times 0{,}228$$

Dès que le travail de cette machine devient sept à huit fois plus faible, la pression de la vapeur dans l'intérieur du cylindre se réduit à un ou deux kilos de poussée et la température maximale de la vapeur s'abaisse par ce fait à cent vingt ou cent trente degrés. Le rendement de la machine devient :

$$\text{Traval} = 10333\ V^{120^\circ}\, l\left(\frac{P'}{p}\right) = Q\left(\frac{T'-T}{T'}\right)$$

$$Q\,\frac{(273+120^\circ)-(273+100)}{(273+120^\circ)} = Q \times 0.051$$

Par conséquent, plus la machine fonctionne à faible pression, plus son travail est relativement faible et plus mauvais est son rendement au point de vue thermique. Son travail en kilogrammètres revient alors extrêmement cher.

Précisé de cette façon, le problème se résume ainsi :

Est-il possible de construire une machine échappant sous la pression atmosphérique et pouvant donner du travail éminemment variable, passant de un à huit et réciproquement de huit à un, de telle sorte que malgré les variations considérables du travail le coefficient thermique de rendement de cette machine reste bon, avantageux, et corresponde le plus possible au rendement des machines à condensation ?

Est-il même possible de dépasser le rendement de ces machines à condensation ?

Le problème est ainsi posé. Nous allons l'examiner, mais il faut auparavant déterminer quelques éléments nécessaires à l'étude complète de la question.

(A suivre.)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

P. STRANEO. SULLA CONDUCTIBILITA... SUR LA CONDUCTIBILITÉ THERMIQUE DE LA GLACE. *Thèse*, Zurich 1897. Rend Accad. Lincei, t. 6, 1897.

Les valeurs obtenues jusqu'ici pour le coefficient de conductibilité de la glace sont très discordantes. L'auteur en a repris la détermination par la méthode déjà employée en 1890 par G. Stadler (*Arch.* t. 23, p. 342), qui l'avait appliquée à diverses roches. Un bloc cubique de la substance à étudier ayant primitivement une température initiale uniforme, on porte ses faces à une autre température par des courants abondants d'un liquide convenable, et on suit à l'aide d'une soudure thermoélectrique le refroidissement ou le réchauffement d'un point convenablement choisi à l'intérieur du cube. Les valeurs trouvées pour le coefficient de conductibilité des glaces de diverses provenances sont comprises entre 0,30 et 0,31 (centimètre, gramme, minute, degré centigrade).

Dans une seconde série d'expériences, l'auteur a étudié la conductibilité de la glace dans la direction verticale et horizontale, c'est-à-dire parallèlement et perpendiculairement à l'axe de cristallisation.

La méthode est analogue et repose sur l'observation de la marche de la température en un point convenablement choisi d'un cylindre taillé de telle sorte que son axe soit parallèle à la direction à étudier, primitivement à une température uniforme, et à l'une des bases duquel on donne brusquement une autre température fixe. L'auteur trouve 0,312 à 0,328 dans la direction verticale, 0,301 à 0,308 dans la direction horizontale. C. S.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

J. WALTER. NOUVEL APPAREIL D'ABSORPTION POUR GAZ (*J. pr. Chem.* 55, p. 507, Bâle).

Le gaz à absorber ou à laver par un liquide arrive dans le fond du récipient par un tube qui débouche au-dessous d'un entonnoir, se développant ensuite en spirale ouverte entourant le tube inducteur. Le gaz est ainsi, en remontant la spirale, en contact avec de grandes surfaces de liquides se renouvellant constamment.

G. LUNGE et C. MILLBERG. ACTION DES ALCALIS CAUSTIQUES ET DES CARBONATES ALCALINS SUR LA SILICE DE DIVERSES PROVENANCES (*Zeitsch. ang. Chem.* 1897, p. 393, Zurich).

Les auteurs ont de nouveau soumis le quartz, la silice amorphe libre et la silice amorphe des silicates à l'action des alcalis caustiques et des carbonates alcalins, et ont trouvé que ces silices sont chimiquement identiques, mais résistent plus ou moins à la dissolution suivant le degré de finesse de la silice et suivant la température de la solution alcaline.

G. LUNGE et ED. MARMIER. SENSIBILITÉ DES INDICATEURS (*Zeitsch. ang. Chem.* 1897, p. 3, Zurich).

Ces chimistes ont remarqué que le diméthylanilinazobenzol est moins sensible comme indicateur que l'orange de méthyl, surtout à chaud, ce qui s'expliquerait par une dissociation du second qui renferme un groupe sulfo. Ce serait l'acidité développée qui augmenterait la sensibilité.

C. KIPPENBERGER. RECHERCHE ANALYTIQUE DE L'ANTIPYRINE (*Zeitsch. anal. Chem.*, 35, p. 659, Zurich).

L'auteur recommande de traiter la dissolution concentrée par la solution $^1/_{20}$ normale d'iode qui précipite un corps de la formule $C_{11}H_{12}N_2OHJJ_2$; après filtration on dose l'excès d'iode employé dans le liquide filtré.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 5 janvier 1898.

J. Amann. Théorie dynamique des échanges organiques. — E. Renevier. Incrustations siliceuses. — F.-A. Forel. Observations de mirages. — P. Mercanton. Le grain du glacier. — Le même. Formation des cristaux de givre.

M. J. Amann fait une communication sur la *théorie dynamique des échanges organiques*. Il expose les résultats des expériences de Vierordt, de Rubener et de Camerer ainsi que les théories de Bouchard, et démontre que la théorie mécanique de la nutrition ne sera possible que lorsque celle des réactions chimiques aura été complétée.

M. le prof. Renevier montre 2 échantillons d'*incrustations siliceuses*, acquis récemment pour le Musée de Lausanne, et présentant un grand intérêt.

1) Un rognon siliceux quadrangulaire de 4 à 5 centimètres, fendu par le milieu, et laissant voir au centre une écaille de poisson, parfaitement nette. Les couches concentriques sont bien accusées; et l'on voit parfaitement que la forme du rognon a été déterminée par celle de son nucleus organique.

Comme terme de comparaison M. Renevier présente en même temps un de ces rognons marno-calcaires modernes du Groenland concrétés autour d'un squelette de poisson d'espèce actuelle.

2) Une portion d'une grande géode, ou d'un rognon calcédonieux, à zones concentriques bien marquées, qui

présente dans les flancs d'une de ces zones un corps allongé et pointu d'environ 3 cm, également calcédonieux, et ressemblant soit à une dent canine exerte, soit mieux encore au doigt mobile d'une pince de gros crustacé.

Ce corps, probablement organique, n'est point un nucleus central, mais se trouve implanté latéralement, d'une manière assez énigmatique.

M. F.-A. Forel a reçu deux intéressantes observations de *mirages*.

I. M. C.-M. de Joux, le 25 juillet 1897, à 7 h. soir, en station à Champéry, val d'Illiez, a vu les cîmes de la Dent du Midi présenter une seconde image parallèle à quelques minutes de degré au-dessus de l'image réelle des crêtes. La bande de mirage était colorée en bleu foncé sur le ciel bleu clair; les rochers étaient d'un gris rosé par les rayons du soleil couchant. Une apparition identique avait été vue à la même place l'année d'avant par le général de Roberty.

Des cas de mirage parallèle sur les Alpes ont été déjà signalés :

a) Par M. Ch. Dufour, 3 mars 1851, 6 h. matin, d'Orbe sur les Alpes fribourgeoises; mirage parallèle supérieur de la crête des Alpes, avant le lever du soleil *(Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.* III. 71. Lausanne 1854).

b) Par M. F.-A. Forel, 4 mars 1886, 7 h. 05 matin, de Morges sur les Alpes vaudoises, Rochers de Naye. Image parallèle inférieure de la crête des Alpes, peu après le lever du soleil (inédite).

Dans ces deux cas le mirage parallèle était vu entre le soleil et l'observateur; tandis que dans les observations de Champéry il avait lieu à l'opposé du soleil.

II. M. Albert de Tscharner de Bonstetten, le 18 novembre 1897, vers 4 h. soir, était à un kilomètre au sud-ouest d'Aubonne: la plaine du Léman et la vallée d'Aubonne étaient remplies par une couche de brouillards bas, au-dessus l'atmosphère était transparente et le ciel serein. Il vit à l'opposite du soleil les maisons du village d'Etoy et de Romanèche se reproduire en image parallèle avec leurs

couleurs actuelles; l'image de mirage était au-dessous de l'image réelle.

M. P. Mercanton, cand. ing., utilisant un procédé graphique jadis imaginé et mis en usage par M. le prof. Forel, a relevé la *texture glaciaire* superficielle au long d'une section transversale de la Mer de Glace, à la hauteur du Montanvert. Les documents recueillis montrent, semble-t-il, et comme on était porté à s'y attendre, que le grain va en croissant du milieu vers les rives du glacier.

Ce travail, dont les résultats demandent à être corroborés par des expériences ultérieures, aussi nombreuses que possible, doit servir de préliminaire à une étude systématique de la répartition du grain au point de vue de ses dimensions et de son développement, répartition jusqu'ici fort peu connue.

M. Mercanton entretient la Société d'un cas de *givre en trémies* observé par lui à Vers l'Eglise dans le courant de décembre 1897. La neige bordant les rives de la Grande Eau était hérissée d'une forêt de lamelles de glace cristalline atteignant 2 à 2 $^1/_2$ cm. de diamètre, en trémies hexagonales trés aplaties, dressées, avec 3 faces au moins bien formées. Des stries serrées et parallèles aux côtés de l'hexagone marquaient dans les faces les ressauts de la structure en escalier. Des cristallisations parasites, en trémies aussi, adhéraient aux arêtes des dièdres.

Un poteau voisin de la rivière présentait à son extrémité un pareil revêtement de trémies de glace : trémies hexagonales très ouvertes atteignant 5 à 6 mm. de diamètre, plus ou moins complètes; trémies à base rectangulaire. Celles-ci paraissaient être l'élément des autres formations cristallines. N'atteignant guère qu'une ouverture de 1 $^1/_2$, 2 $^1/_2$ ou 2-3 mm., elles avaient 3 à 4 mm. de profondeur. Unies au nombre de 6 par leurs petites faces elles donnaient lieu à un assemblage que nous pourrions définir comme suit: Deux trémies hexagonales accolées par le sommet symétriquement, avec cloisonnements normaux par les arêtes des dièdres correspondantes. Cet assemblage paraissait être le type par-

fait, les autres n'en étant que des altérations ou des rudiments.

Fait digne de remarque : ces cristallisations n'adhéraient pas directement au bois, mais à une mince couche de givre, probablement de surfusion, qui couvrait le poteau. Pareille remarque avait été faite par l'auteur en 1896 à l'hospice du Grand-St-Bernard, où de telles formations cristallines adhéraient au givre arborisé des vitres.

Les trémies de Vers l'Eglise étaient un givre de sublimation, attribuable à l'action lente et continue du courant d'air très froid et très faible qui descend avec la rivière.

Séance du 19 janvier.

Dr A. Schenk. Les populations lacustres au point de vue anthropologique. — Observations de M. S. Bieler. — Dr L. Pelet. Combustion et analyse des gaz des fumées dans les calorifères à feu continu.

M. le Dr A. Schenk, professeur, fait une communication sur les *Populations lacustres au point de vue anthropologique*. En 1894 et 1895 des fouilles faites à Chamblandes près Pully, au Châtelard et à Montagny sur Lutry mirent au jour une série de tombes mesurant environ 1 m. de long sur 50 cm. de large, ainsi que de profondeur. Les parois en étaient formées par cinq dalles en pierre calcaire des Alpes ou en grès dur feuilleté de la Paudèze. Elles contenaient, outre les débris de squelettes humains, les objets suivants :

1° Des amulettes et des colliers en rondelles d'os;
2° Des grains d'un collier en jayet, variété de lignite;
3° Des morceaux d'ocre jaune et de galène ;
4° Des mâchoires et divers fragments d'os de rongeurs;
5° Un assez grand nombre de haches polies, en général bien travaillées, mais plutôt de petites dimensions et toujours constituées par des roches indigènes;
6° Plusieurs emmanchures ou gaines de haches et de ciseaux en bois de cerf ;
7° Des ciseaux et des pointes de flèche en os ;
8° Des fusaïoles en pierre ;
9° Des débris de poterie.

Ces différents objets permettent de rapporter ces sépultu-

res ou cistes de pierre au plein de la période néolithique, à l'époque robenhausienne de Gabriel de Mortillet, et ces dernières doivent être considérées comme le type consacré des inhumations lacustres à l'époque néolithique; elles ont certainement reçu les restes des habitants des anciennes palafittes qui se trouvaient dans ces régions, ainsi que le témoignent encore de nombreux pilotis placés immédiatement au-dessous de Chamblandes.

Les douze crânes passablement intacts retirés de ces sépultures appartiennent à trois types distincts: six sont dolichocéphales ou sous-dolichocéphales avec un indice céphalique moyen de 75, 2; trois sont mésaticéphales et trois autres brachycéphales avec un indice moyen de 82,4.

Ces brachycéphales néolithiques des bords du Léman se rapprochent beaucoup des races de Furfooz n° 2 et de Grenelle, ainsi que de ceux découverts dans les plus anciennes palafittes de l'âge de la pierre: ils doivent donc être considérés comme leurs descendants directs. Quant aux crânes dolichocéphales, les uns se rapprochent du type de Hohberg ou dolichocéphale néolithique, les autres au type de Sion des anthropologistes suisses; mais ce type de Sion, ainsi que les crânes mésaticéphales doivent être le résultat d'un premier mélange entre les races brachycéphale et dolichocéphales ancienne et néolithique. Il n'est donc plus permis de considérer, avec Keller, His et Rütimeyer, les populations appartenant au type de Sion comme étant celles qui auraient construit les premières palafittes. Il est probable qu'au moment où la période quaternaire fit place aux temps actuels, des immigrants à tête arrondie envahirent nos contrées, introduisant avec eux la hache de pierre polie, la culture des céréales et les animaux domestiques. Plus tard, durant le plein de la période néolithique, la Suisse a vu immigrer des dolichocéphales en grand nombre (venant probablement des régions septentrionales) puisque c'est eux qui sont le plus fortement représentés au sein des sépultures néolithiques. Comme le montrent ces sépultures, les populations de cette époque étaient sédentaires et vivaient en paix côte à côte. Ces races ne sont point disparues avec l'âge de la pierre polie, car elles se rencontrent en Suisse aux épo-

ques suivantes et l'on peut même les suivre jusque dans les populations helvétiques actuelles.

M. S. Bieler ajoute, à propos de la communication de M. le Dr A. Schenk, qu'il est intéressant de trouver dans les ossements d'animaux domestiques trouvés dans les palafittes des indices d'un travail d'amélioration des animaux dans la période de la pierre polie, les crânes bovins semblent plus développés que dans la période précédente ce qui indiquerait un entretien du bétail plus intensif.

Toutefois M. Bieler croit qu'il faut faire des réserves quant aux origines attribuées aux diverses races : Bos frontosus, B. brachyceros et B. primégenius. Ce dernier paraît le plus antique, bien qu'un naturaliste, M. Arenauder, ait publié, tout dernièrement, dans les *Annales de Halle*, une dissertation cherchant à prouver que le bœuf primitif aurait été sans cornes, *B. akeratos*, et que les autres en seraient dérivés.

Il faudrait surtout faire quelques réserves sur l'origine palafitte du Bos frontosus et ses rapports avec le bétail tacheté actuel.

M. le Dr L. Pelet présente à la Société le résultat de ses études sur les *calorifères à feu continu*. La marche de plusieurs de ces appareils a été contrôlée par l'analyse des gaz des fumées Malgré les circonstances de toutes sortes qui influent sur la marche d'un calorifère, qu'elles tiennent à la nature du combustible, à la construction du calorifère et de la cheminée ou à l'atmosphère ambiante, il a pu, par des analyses nombreuses, exercer le contrôle de façon à rendre les résultats comparables.

Il est arrivé aux conclusions suivantes: Il y a toujours présence d'une faible quantité d'oxyde de carbone qui varie de 0.4 à 2 %, quelquefois elle s'élève jusqu'à 3 ou 3.5 %.

La proportion d'oxyde de carbone est toujours plus grande à la fin de la nuit, lorsque le calorifère n'a pas été nettoyé plusieurs heures durant.

La combustion et par conséquent la quantité de bioxyde de carbone varie avec le tirage et avec chaque calorifère. Si l'on admet, que le calorifère le plus parfait (qui d'ailleurs

n'existe pas) donne avec le tirage minimum 0 % de CO^2, et 21 % de bioxyde de carbone avec le tirage maximum, on peut représenter graphiquement, correspondant aux variations de tirage, les variations de la quantité de bioxyde de carbone. En analysant les résultats, on constate que les meilleurs calorifères sont ceux où la quantité d'anhydride carbonique croit progressivement avec le tirage.

Ex.	tirage minimum	3.6 % CO^2.
	tirage moyen	9—12 % CO^2.
	tirage maximum	12—13 % CO^2.

Pour d'autres, au contraire, la quantité de bioxyde de carbone augmente du tirage minimum au tirage moyen et après avoir atteint une valeur maximale elle diminue à mesure que la quantité d'air introduite augmente.

Ex.	tirage minimum	3—4.6 % CO^2
	tirage moyen	7.6—12.2 % CO^2
	tirage maximum	7.3—2.8 % CO^2

Avec un calorifère défectueux, au contraire, la variation de la quantité d'anhydride carbonique est peu sensible comme le montre l'exemple suivant :

tirage minimum	1—3 % CO^2
tirage moyen	3—3.6 % CO^2
tirage maximum	3.6—2 % CO^2

Ces données, telles qu'elles sont indiquées ici, sont incomplètes, mais elles permettent de juger de la valeur d'un calorifère à feu continu.

Dans les différents essais que nous avons faits, nous avons constaté que la quantité de CO^2 ne dépasse pas 12—13 %.

Si la cheminée qui fait suite au calorifère est bien construite et en bon état, il n'y a pas de danger en utilisant un calorifère à feu continu si mauvais soit-il; leur plus grand désavantage réside dans la perte considérable qu'entraîne la mauvaise combustion.

Nous pensons que ce travail offre de l'intérêt et c'est sur le conseil d'un constructeur que nous l'avons entrepris afin de remédier si possible aux imperfections des calorifères.

Nous avons en outre déterminé le volume des gaz et le rendement par kilogramme de combustible.

Si *n* représente le volume d'anhydride carbonique en %, *p* le volume d'oxyde de carbone %, *a* celui de l'azote, *o* celui de l'oxygène, *e* celui de l'eau, *r* la quantité de carbone non brûlé, *c* la proportion de carbone du combustible; le volume des fumées par kilogramme de combustible V est donné par la formule

$$V = \frac{C \times 100}{(n \times 0.4915) \times (p + 0.5306) + r}$$

et la perte P par la formule

$$P = \frac{V}{100} (t\text{-}t') (n \times 0.414) + (p + a + o)\, 0.308 + (e \times 0.495).$$

Le volume des fumées par kilogramme de combustible a naturellement varié d'un calorifère et souvent d'une expérience à l'autre. Les volumes calculés sont généralement compris entre 15 et 50m³ et l'on peut admettre que le calorifère est défectueux si la moyenne dépasse 30m³.

La perte de chaleur par les fumées variait de 5—30 % et il est généralement admis que la perte nécessaire ne doit pas s'écarter de 10—20 %. Le calorifère pour lequel nous avons obtenu une perte inférieure à 10 % était un appareil inconstant qui ne tenait pas à l'afflux d'air et qui variait à la moindre cause extérieure. La perte de 30 % correspond à un calorifère défectueux dans lequel la combustion n'a dépassé, avec n'importe quel tirage, 3.6 % de bioxyde de carbone.

Séance du 2 février.

H. Barber. Anomalie du foie chez un homme adulte. — E. Wilczeck. Toxicité des graines d'Euphorbe. — F.-A. Forel Couche huileuse à la surface des fleuves. — H. Schardt. Un nouveau fossile du Flysch. — S. Bieler. Distension du premier estomac des pigeons boulants. — C. Buhrer et H. Dufour. Observations actinométriques.

M. H. Barber a observé une *anomalie du foie chez un homme adulte.* Le foie était prolongé par un véritable ligament qui le reliait à la rate d'une façon très remarquable.

Le lobe gauche prolongé par du tissu hépatique se termi-

nait en pointe mousse et était relié au bord interne de la face postérieure de la rate par un tractus fibreux très dense et très fort, auquel M. Barber a donné le nom de ligament hépatico-splénique. On pourrait croire que le foie se trouvait très développé, mais ce n'était pas le cas, au contraire, le foie et la rate étaient plus petit que la grandeur normale, mais cela n'a rien d'étonnant puisque ces glandes sont sujettes à des variations de forme et de grandeur.

Cette anomalie, rencontrée chez un ouvrier adulte bien proportionné et fortement musclé, ne semblait pas l'avoir dérangé en aucune façon. Par contre son estomac se trouvait beaucoup plus petit qu'à l'ordinaire et le petit contour en était légèrement aplati.

Le ligament triangulaire du foie ne saurait exister, étant donné le prolongement du foie qui forme ainsi le ligament hépatico-splénique. L'artère splénique était assez volumineuse et par places enroulée sur elle-même.

Dans l'exemple cité ici, tout déplacement de la rate était impossible et ses mouvements étaient solidaires de ceux du foie. Cette singulière disposition est peut-être plus fréquente qu'on ne le suppose ordinairement et peut présenter de l'intérêt pour la médecine opératoire.

M. Wilczeck, professeur, fait la communication suivante sur la *toxicité des graines d'Euphorbes.*

Un certain nombre de pigeons avaient péri sans cause apparente à Vevey. Les gésiers de ces pigeons étaient remplis de graines diverses, que M. le prof. Rey à Vevey a bien voulu me communiquer. Les pigeons auraient trouvé ces graines dans les jardins et terrains vagues autour du pigeonnier. Le 80 % environ de l'échantillon de graines examiné consistait en nucules noirâtres de 2-2,5 mm. de longueur, à péricarpe réticuleux, globuleux, légèrement comprimé latéralement et tronqué, échancré au sommet. Il fut facile de les dentifier avec les fruits du *Fumaria officinalis* L. La partie restante était constituée des capsules caractéristiques d'un *Euphorbia*, longues de 2 mm., à coques fortement bombées, munies d'une faible dépression dorsale, de coques isolées et

de graines ovoïdes-hexagonales, blanchâtres, de 1,5 mm. de longueur, munies de 4 à 5 séries longitudinales de trous disposés par rangées de 3 à 4. Elles furent déterminées comme appartenant à l'*Euphorbia Peplus* L.

Les enveloppes séminales n'étaient point attaquées par l'action du suc digestif; les graines ne pouvaient donc pas avoir séjourné longtemps dans l'estomac. Vu l'hiver particulièrement doux dont nous avons joui jusqu'ici, il n'y a rien d'extraordinaire dans le fait que ces deux plantes se trouvent à l'état fructifère à cette saison.

Les graines d'*Euphorbia Peplus* ont-elles vraiment causé la mort des pigeons? Malgré qu'il n'ait point été possible de faire l'autopsie de ces derniers, l'auteur conclut pour l'affirmative. Si les fruits du *Fumaria officinalis* ne peuvent pas être suspectés, il n'en est pas de même pour les graines de l'*Euphorbia Peplus*. L'*Euphorbia resinifera* Berg. exceptée, nos connaissances chimiques sur les Euphorbes sont à peu près nulles. On leur attribue généralement des propriétés âcres et drastiques. Toutes les observations concordent à dire que les graines sont tout particulièrement actives. Celles d'une espèce de l'Europe méridionale, l'*Euphorbia Lathyris*, sont encore aujourd'hui usitées comme purgatif drastique. (*Semina Cataputiæ minoris.*) D'après Caraven, Cochin et Subour, *Bull. thérap.* 1881, p. 368, 10 à 12 graines suffiraient pour produire des phénomènes d'intoxication graves chez l'homme; il serait préférable de ne pas les usiter du tout. Dans une étude récente, le Dr Beauvisage, professeur à Lyon, arrive à des résultats semblables pour les graines du Ricin. Il paraît donc très probable que les graines de l'*Euphorbia Peplus* possèdent des propriétés toxiques qu'il vaudrait la peine d'étudier ultérieurement.

M. F.-A. Forel a vu le 18 août 1897 sur l'Oder entre Stettin et le Grosse Haff de Swinemünde, à la surface du fleuve, la *couche huileuse*, qui dans le port de Stettin était une lame continue, être percée de taches de plus en plus larges d'eau vive, celle-ci étant reconnaissable par l'établissement des vides et des vaguelettes qu'y développait une

brise très fraîche. Le même fait a été observé par MM. Forel et Lugeon sur la Moskwa, et par M. Lugeon sur la Volga. L'eau de ces fleuves, qui à Moscou et à Nijni-Nowogorod était parfaitement sale de naphte et d'autres matières huileuses, était relativement propre à Miatschkowo à 50 km. en aval de Moscou ou au confluent de la Kama, à 400 km. en aval de Nijni.

M. Forel attribue cette purification des eaux à l'échouage progressif sur la grève du fleuve des substances huileuses qui adhèrent facilement aux corps solides ; elles se déposent sur les galets ou les roseaux de la rive en y formant cette écume savonneuse que l'on observe souvent sur la grève des fleuves, comme sur celle des lacs ou de la mer. — Comme, d'autre part, la couche huileuse emprisonne dans son réseau les poussières flottant à la surface, cette action d'échouage des taches d'huile débarrasse en même temps le fleuve des poussières qui, si elles étaient indépendantes, resteraient indéfiniment, ou du moins beaucoup plus longtemps, entraînées dans le milieu du courant. Ce mécanisme est certainement un procédé très efficace de purification naturelle des eaux des fleuves, qui sans cela, égouts de drainage de vastes contrées souvent industrielles, entraînant à la mer de grandes quantités de matières grasses, seraient une cause d'infection des contrées qu'ils traversent.

M. Schardt présente un fossile qui est peut-être le premier de son espèce trouvé dans le Flysch de la Suisse. C'est une valve à stries concentriques appartenant à un mollusque lamellibranche. Cette coquille offre la structure fibreuse caractéristique des *Inoceramus*. L'échantillon paraît en effet appartenir à ce genre et c'est avec une vive satisfaction que M. Schardt a fait cette constatation, après avoir cru, au premier aspect, qu'il s'agissait d'une empreinte de *Zoophycos*. L'échantillon a été trouvé dans la roche en place sur le flanc nord de l'Arbenhorn qui fait partie de la chaîne du Niesen, au sud du massif des Spielgerten, dont le socle triasique repose par chevauchement sur ce Flysch.

M. S. Bieler donne quelques renseignements sur un *état*

maladif des pigeons boulants ou à *grosse gorge*. On sait que ces animaux avalent de l'air pour gonfler leur jabot, ce qui leur donne une physionomie particulière, fort appréciée dans les concours d'aviculture.

Mais les plus belles choses ont un revers, et l'excès d'air amène peu à peu la distension, l'éraillement et l'affaiblissement du premier estomac et de là difficulté d'une digestion normale, parfois même putréfaction du grain qui est dans le jabot. Il en résulte de l'amaigrissement et une descente du cou, qui traîne presque à terre. L'accident est surtout fâcheux quand le pigeon doit produire la matière laiteuse, destinée à la nourriture des jeunes pigeonnaux.

M. Bieler montre la figure d'un pigeon ainsi affecté de procédence du jabot, et un dessin de l'appareil très simple (un vieux bas de laine) dans lequel on suspend le pigeon pendant quelques semaines pour ramener l'état normal.

Observations actinométriques par MM. C. Bührer et Henri Dufour. — Ces observations ont été faites en 1897 à Clarens, Lausanne et aux Rochers de Naye avec les mêmes instruments qu'en 1896, c'est-à-dire avec des actinomètres de M. Crova. Voici les valeurs moyennes pour les divers mois des observations faites de 11 h. 30 à 12 h. 30 (H. E. C.) les jours de ciel pur :

Mois	1897	1896
Janvier	0,815	0,790
Février	0,875	0,786
Mars	0,920	0,886
Avril	0,960	0,882
Mai	0,890	0,870
Juin	0,850	0,853
Juillet	0,860	0,854
Août	0,940	0,870
Septembre	0,910	0,867
Octobre	0,840	0,885
Novembre	0,780	0,882
Décembre	0,790	0,803
	0,869	0,852

Le maximum de printemps a eu lieu en 1897 en avril au lieu de mars en 1896, un second maximum assez prononcé s'est produit en août. La période sèche d'octobre, novembre et décembre 1897 se traduit par une diminution de transparence actinique de l'air comparée à celle des mois correspondants de 1896.

A Clarens le maximum absolu a eu lieu le 7 avril avec 1 cal. 03.

Au sommet des *Rochers de Naye*, 2080 m., les maxima absolus observés sont :

Mai 0,98 Juin 1,09 Septembre 1,07

A ces maxima correspondent aux mêmes époques à *Clarens* :

Mai 0,95 Juin 0,84 Septembre 0,97

Il en résulte pour les quantités absorbées par la couche d'air de 1700 mètres qui sépare les deux stations :

Mai (le 13) 0,03 Juin (le 24) 0,25 Septembre (le 27) 0.10

D'après les observations simultanées du 24 juillet à 11 h. 45 faites par M. Dutoit à Naye et Bührer à Clarens, on trouve :

Naye 1 cal. 14 Clarens 0 cal. 84 Différence 0 cal. 30

Les observations simultanées faites entre Naye et Lausanne, 510 m., ont donné pour le 30 mai les valeurs suivantes :

Naye 0,89 Lausanne 0,75 Différence 0,14

Quelques observations ont été faites sur la chaleur réfléchie par un bassin d'eau tranquille, cela afin de compléter les observations faites à Villeneuve en 1896 ; il résulte de ces mesures du 29 juin que une heure avant le coucher du soleil, la quantité de chaleur réfléchie atteignait 20 % de la chaleur directe qui s'élevait alors encore à 0 cal. 47.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE

Séance du 20 janvier 1898.

M. Bedot. Rapport présidentiel annuel.

M. M. Bedot, président sortant de charge, lit son *rapport annuel* sur l'exercice 1897. Il retrace les biographies et rappelle les principaux travaux des membres de la Société décédés dans l'année, de A. Kammermann, membre ordinaire, et A. Des Cloizeaux, membre honoraire.

Séance du 3 février.

Preudhomme de Borre. Mémoire du Dr Marchal sur Cecidomyia destructor. — M. Bedot. Moulage du crâne de Pithecanthropus erectus. — R. Chodat. Mémoire de M. Mazé sur l'absorption de l'azote par les racines des légumineuses.

M. Preudhomme de Borre signale un mémoire bien substantiel et bien intéressant que vient de faire paraître dans les *Annales de la Société Entomolog. de France* (Tome LXVI, pp. 1 à 105), M. le Dr Paul Marchal, de la Station entomologique de Paris. Ce mémoire est une histoire naturelle approfondie d'un des insectes les plus nuisibles à la culture du froment, la Cécidomyie destructive *(Cecidomyia destructor* Say) aussi très connu sous le nom vulgaire de Mouche de Hesse, et qui occasionne aux agriculteurs, tant du Nouveau que de l'Ancien Continent, des pertes considérables.

Il a été déjà beaucoup écrit sur cet insecte et M. Marchal

semble avoir étudié à fond toute cette littérature, qu'il a enrichie de ses propres observations et découvertes, faites principalement à l'occasion d'une apparition intensive de ce Diptère en 1894 dans le département de la Vendée, où l'on estime qu'il anéantit la moitié au moins de la récolte du froment.

On ne supposait à cet insecte que 2, 3, 4 générations par an, d'après les observations faites en diverses contrées. M. Marchal a pu, par l'expérience directe, en reconnaître jusqu'à six, mais quelques-unes assez incomplètes pour faire comprendre que certains auteurs n'en aient vu que 2 ou 3.

Quand les circonstances sont favorables, le nombre des individus qui voient le jour en une année sur un point envahi, est réellement formidable.

Je ne puis que renvoyer au beau travail de M. Marchal, enrichi de huit planches et de nombreux bois dans le texte, ceux qui voudront connaître ce qu'il indique comme moyens de pallier et de combattre le fléau, et dont plusieurs ont naturellement besoin d'être confirmés par l'expérience en grand.

M. Marchal fait aussi connaître une demi-douzaine d'insectes parasites (petits Hyménoptères des familles des Chalcidides et Proctotrupides) auxiliaires de la lutte de l'agriculture contre la Cécidomyie, et souvent auxiliaires de la plus grande efficacité, plus forts que l'homme dans cette lutte, malgré leur taille minuscule.

M. Marchal décrit une nouvelle espèce de Cécidomyie qu'il nomme *Cecidomyia avenæ*. Celle-ci épargne le froment et est funeste à l'avoine, qui, de son côté, n'est pas attaquée par la *Cecidomyia destructor*.

Il signale aussi d'autres espèces, variétés ou races de Cécidomyies, ainsi que d'autres Diptères s'attaquant aux céréales et aux graminées sauvages, mais dont les ravages sont insignifiants à côté de ceux de la *Cecidomyia destructor*.

M. Bedot présente un moulage du crâne de *Pithecanthropus erectus* de Java qui lui a été donné par M. le Dr Dubois et rappelle les principaux éléments de la discussion qui a eu lieu à l'occasion de cette découverte très importante.

M. R. Chodat rend compte d'un récent mémoire de M. Mazé de l'Institut Pasteur, paru dans le bulletin de cet Institut et relatif à l'absorption de l'azote par les racines des légumineuses.

Séance du 17 février.

Arnold Pictet. Développement aérien des ailes des Lépidoptères Rhopalocères. — Dumont. Propriétés magnétiques des alliages de fer et de nickel. — Dr Battelli. Le nerf spinal et le nerf moteur de l'estomac. — A. Rilliet. Appareil Marconi pour la télégraphie sans fil. — C. Sarasin. Mémoire sur les genres Hoplites, Sonneratia, Desmoceras et Puzosia. — Preudhomme de Borre. Mémoire sur le Liparis dispar. — A. Brun. Cristallisation de pâtes siliceuses à 75 % de silice et polybasiques.

M. Arnold Pictet présente *une note sur le développement aérien des ailes des Lépidoptères Rhopalocères.*

Les ailes des papillons Rhopalocères deviennent beaucoup plus grandes en proportion des fourreaux de la chrysalide sous lesquels elles sont formées, que celles des Bombyx. Pour le genre Vanessa, elles deviennent entre 7 $^1/_2$ et 10 $^1/_2$ fois plus grandes, tandis que celles des Lasiocampa Quercifolia, seulement 6 fois. Il y a donc avantage à étudier le développement aérien des ailes sur des Rhopalocères. Mais, ceux-ci ne supportent pas l'ablation des fourreaux à une époque antérieure à 24 heures avant l'éclosion, tandis qu'avec les Bombyx on peut obtenir des avortons provenant d'une ablation des fourreaux de 3 jours auparavant. Le seul stade des Rhopalocères de 24 heures, est donc trop voisin du normal, (parfois même il lui est identique) pour que l'on puisse se baser sur lui. Pour surprendre le développement aérien, il faut l'arrêter, simplement en tuant les papillons à étudier à des périodes plus ou moins distantes de leur éclosion : quand un papillon présente un développement intéressant, on le plonge dans un puissant flacon de cyanure de potassium, ce qui arrête l'extension des ailes. Car, l'air agit, quand le papillon respire, en pénétrant par les stigmates dans les nervures, qui ne sont que des prolongements des trachées :

le papillon mort ne respirant plus, le développement s'arrête.

Comme point de départ, nous considérons le papillon dont on a enlevé les fourreaux de la chrysalide au moment de l'éclosion, présentant ses ailes à nu, toutes petites, de la grandeur des fourreaux, les supérieures ayant la forme d'un triangle allongé, les inférieures arrondies, les dessins et les taches étant en petit exactement ce que nous les voyons chez les papillons normaux. Nous remarquons alors que le bord antérieur est situé face ventrale, et que les bords interne et anal, sont face dorsale. Au premier stade, l'angle apical est très aigu, l'angle interne obtus; tandis que chez les normaux, l'angle apical s'est agrandi et l'angle interne est devenu sensiblement droit : ce qui montre qu'à mesure que le développement aérien s'effectue, l'angle apical grandit et l'angle interne diminue. Nous remarquons aussi que les dessins, les taches et les nervures n'occupent pas toujours sur l'aile la même position ou la même place. Le papillon nouvellement éclos, reste quelques secondes avant que ses ailes commencent à se développer.

Nous laissons maintenant un papillon, éclos soit normalement, soit artificiellement, se développer légèrement avant de le plonger dans le flacon au cyanure de potassium. — Les spécimens obtenus ont été tués 2 ou 3 minutes après l'éclosion. (Nous obtenons les stades suivants, en laissant les papillons se développer chaque fois davantage). Deux minutes après l'éclosion, nous commençons à apercevoir les soulèvements que forment les membranes alaires; ils sont parsemés indifféremment sur l'aile dont ils englobent diverses parties de la surface; le plus souvent transversaux, ils n'ont rien de régulier; aux points où ils se trouvent, les nervures et les dessins en suivent les sinuosités; ils proviennent principalement de l'afflux du liquide sanguin entre les deux membranes de l'aile, qui trop petite à l'origine pour le contenir, est soulevée ainsi. Cela lui donne une plus grande étendue et les nervures en s'allongeant et s'éloignant les unes des autres rendent plane cette surface bosselée en l'étirant dans tous les sens. On a connaissance de la présence du

liquide sanguin dans ces soulèvements, quand on pique l'aile à ces endroits, avec une fine aiguille. L'aile normalement développée se sèche très facilement, grâce à sa grande étendue et la mince couche du liquide sanguin; mais, pour les spécimens intermédiaires, elle est très longtemps avant de se sécher.

L'étude de ces soulèvements indique plusieurs points du développement aérien. Ceux qui sont les plus persistants se trouvent aux extrémités des ailes, englobant la bande marginale; ceux que nous voyons près du thorax sont beaucoup plus petits et apparaissent plus tard; presque tous ceux qui sont au centre de l'aile, présentent une forme triangulaire très marquée, englobant le bord antérieur sur un espace plus ou moins large, traversant l'aile en s'amincissant, pour se terminer en pointe vers le bord interne, qu'ils n'atteignent même pas toujours, indiquant par là, que le bord antérieur suit un plus grand développement, qu'il a une marche plus grande à suivre pour donner à l'aile sa forme normale. Et de fait, en mesurant les bords antérieurs et les bords internes de chaque spécimen, nous voyons que les premiers sont plus petits à l'origine, mais plus grands que le bord interne des papillons normaux.

L'aile inférieure a beaucoup moins de chemin à parcourir pour atteindre sa complète extension; c'est-à-dire, qu'au moment de l'éclosion, elle est plus grande, en proportion, que la supérieure : toutes les ailes inférieures sont complètement formées au 4me stade, tandis que les autres ont encore bien à faire. L'examen des mesures des inférieures comparativement à celles des supérieures indique également que la différence entre elles, est moindre pour les papillons du 1er stade, que pour les normaux. Les soulèvements des ailes inférieures présentent la même forme triangulaire, indiquant également un plus grand développement du bord antérieur. Il nous faut cependant remarquer l'extrême ressemblance de forme qui existe entre ces ailes des spécimens du 1er stade et celles des normaux; c'est surtout une simple amplification dans tous les sens qui constitue le développement. Les soulèvements sont moins nombreux et moins

accentués, indiquant le développement moins considérable dont elles ont besoin.

Nous savons que les nervures s'écartent les unes des autres, puisque la portion de la bande terminale comprise entre leurs extrémités est beaucoup plus grande en proportion chez les papillons de stades avancés que chez ceux de l'origine. Chez les Rhopalocères, c'est surtout la nervure médiane qu'il faut étudier, dont les secondaires s'écartent le plus; leur écartement provient simplement de l'allongement de la principale, amenant leurs points de suture sur elle plus distants les uns des autres; les secondaires suivent ce mouvement. La nervure médiane de l'aile inférieure, suit un mouvement identique. La nervure costale agit différemment : les secondaires ne la coupent pas suivant un angle, mais, forment aux points de suture un coude arrondi, qui, par le fait de l'allongement s'agrandit et éloigne ainsi les secondaires. Il en est de même des troisièmes nervures. Quant à celles que nous voyons aux extrémités des ailes des Rhopalocères et presque sur toute la surface de celles des Bombyx, les deux secondaires forment à leur point de suture, chacune un coude arrondi en sens opposé. Le mode d'écartement le plus puissant est, sans contredit, celui que nous avons vu en premier lieu; c'est pour cela qu'il est au centre de l'aile. En outre, nous ne le rencontrons que chez les Rhopalocères, là où le développement aérien est justement le plus considérable. Les deux autres modes sont moins puissants, aussi se retrouvent-ils vers le bord antérieur qui a un grand développement en longueur, mais très faible en largeur, et chez les Bombyx qui ont un développement aérien moindre. Aux extrémités des ailes, qui grandissent, il est vrai, énormément, les nervures secondaires sont alors très nombreuses.

M. Rilliet présente au nom de M. Dumont un travail sur les propriétés magnétiques des alliages de fer et de nickel[1].

[1] Voir ci-dessus, p. 331.

M. le prof. PREVOST présente au nom de M. le Dr BATTELLI, assistant du laboratoire de Physiologie de Genève, un travail sur *le nerf spinal est le nerf moteur de l'estomac.*

Chauveau, en excitant directement, à leur origine dans le crâne, les fibres des nerfs spinal et pneumogastrique, avait observé, chez le cheval, que les racines du nerf de la Xme paire produisaient une contraction de l'estomac, tandis que l'irritation de celles du spinal restait sans effet. Ces résultats étaient contraires aux expériences de Longet et de Waller.

Dans des recherches antérieures, en me servant de la méthode de l'arrachement du spinal, j'ai constaté que le nerf pneumogastrique excité n'a plus d'action sur les mouvements de l'estomac, quand l'arrachement du spinal datait de 6 ou 7 jours.

Dans la présente série d'expériences faites dans le Laboratoire de physiologie de Genève, dirigé par le prof. Prevost, j'ai excité les racines du spinal et du pneumogastrique dans le crâne. Mes recherches se sont portées sur le chien, le chat et le lapin.

Les contractions stomacales étaient constatées au moyen d'un ballon mince en caoutchouc, gonflé d'air, qu'on introduisait dans l'estomac, et qui était en communication avec une espèce de manomètre à eau; appareil dont je me suis déjà servi dans un travail précédent.

Après avoir introduit le ballon dans l'estomac, on faisait à l'animal une injection de vératrine ou de physostigmine. substances, qui, comme je l'ai montré dans un autre travail, augmentent considérablement l'action du pneumogastrique sur la motilité stomacale. Ensuite on saignait l'animal par l'ouverture d'une ou de deux artères fémorales, on ouvrait rapidement le crâne, et on découvrait les racines des deux nerfs.

Or il est bien difficile de reconnaître le point de séparation entre les racines du spinal et du pneumogastrique. Pour éviter cette cause d'erreur, avant d'introduire le ballon dans l'estomac, j'arrachais chez le chat et chez le lapin la branche interne du spinal d'un seul côté. Je regardais, en ouvrant

largement la trachée, si la corde vocale correspondante était paralysée, et je m'assurais ainsi que l'opération de l'arrachement avait bien réussi. Comme on le sait cette opération ne réussit pas chez le chien.

L'excitation des racines nerveuses était faite mécaniquement, en pinçant une à une les fibres d'origine.

Voici mes résultats qui se résument dans les conclusions suivantes :

1. Chez le chat et le lapin l'excitation des racines du côté, où le spinal a été arraché, ne produit jamais de contractions stomacales, qui sont au contraire bien nettes quand on irrite les fibres d'origine du spinal du côté sain. Toutes les racines du spinal paraissent agir, mais l'action sur la motilité de l'estomac devient plus énergique à mesure que l'on s'adresse aux racines bulbaires les plus inférieures.

2. Chez le chien de même, les fibres appartenant nettement au pneumogastrique n'ont aucune action sur les mouvements de l'estomac. Les racines bulbaires excitées provoquent des contractions stomacales, qui sont de plus en plus énergiques à mesure qu'on irrite les branches d'origine les plus inférieures.

3. Chez tous ces animaux les racines médullaires du spinal n'ont pas d'action sur la motilité stomacale.

M. A. Rilliet présente un modèle des *appareils Marconi* pour la télégraphie sans fils et en montre le fonctionnement.

M. C. Sarasin fait hommage à la Société de son *Mémoire sur les genres Hoplites, Sonneratia, Desmoceras et Puzosia,* paru dans le bulletin de la Société géologique de France et déjà communiqué précédemment à la Société[1].

M. Preudhomme de Borre. La Division entomologique du Département de l'Agriculture à Washington vient de publier dans son *Bulletin* un travail de M. L. O. Howard, relatant les efforts faits pour extirper d'une partie de l'État de Massachu-

[1] *Archives des sciences phys. et nat.*, 1897, t. IV, pp. 179, 190, 474; *Compt. Rend. Soc. de phys.*, 1897, p. 30.

setts un Lépidoptère européen bien connu, le *Liparis dispar* (*Gipsy Moth* des américains), qui y avait fait apparition et menaçait d'y devenir fort nuisible, paraissant même plus redoutable là qu'en Europe, où il trouve sans doute des ennemis naturels qui modèrent son excessive extension.

La manière dont cet insecte fut introduit au Massachusetts est assez curieuse. Un astronome de l'Université Harvard, le professeur Trouvelot, s'intéressait en 1869 à l'étude de divers lépidoptères pouvant donner de la soie, et faisait des expériences sur leur élevage chez lui à Medford, près Cambridge. Au cours de ces expériences, il constata l'évasion de plusieurs chenilles, et s'empressa, avec le soin le plus louable, de la signaler au public. Les chenilles ne se retrouvèrent point et, jusqu'en 1889, on n'en entendit plus parler. A ce moment, on s'aperçut qu'elles s'étaient propagées et peu à peu acclimatées inaperçues aux environs de la ville et qu'elles se répandaient plus loin, faisant de tels ravages que les autorités durent incontinent s'occuper des mesures à prendre pour les exterminer. On commença par une allocation budgétaire de 300 dollars en 1889 et, dans les années 1892 à 1897 on dut arriver à des allocations de 100.000 et 150.000 dollars et à l'organisation de tout un service de lutte contre cet insecte malfaisant.

Le travail de M. Howard rend compte de cette lutte et des résultats, à son avis très encourageants, obtenus jusqu'ici. Mais, lorsqu'on prend en considération le fait du développement clandestin du *Liparis dispar* aux portes de Boston et Cambridge pendant une vingtaine d'années, il est permis de garder quelque appréhension quant à un triomphe final et complet.

Cette histoire est curieuse à rapprocher de celles des luttes que nous soutenons en Europe contre d'autres insectes étrangers arrivés d'autres parties du monde.

M. A. Brun communique une observation sur la *cristallisation de pâtes siliceuses à 75 °/₀ de silice et polybasiques*. Recuites à l'abri de l'action oxydante de l'air pendant 10 à 18 jours vers 700° environ, il se forme une condensation de

granulations qui semble indiquer un commencement de cristallisation. Dans certaines conditions de température qui semble se mouvoir dans de *très étroites limites,* il se forme des cristaux allongés biréfringents, faiblement colorés ou incolores. Mais si l'action oxydante de l'air a lieu, la masse devient très foncée. (quoique dure et non ramollie, elle est pénétrée par l'oxygène) a une tendance à avoir un point de fusion plus bas et les cristaux disparaissent dans les parties les plus chaudes. Ce rôle des oxydes de fer plus oxydés que FeO, montre bien que le degré d'oxydation du fer a une importance très grande dans la cristallisation des pâtes. Parce que les oxydes supérieurs du fer ont une fonction *de plus en plus acide à mesure que la température s'élève.*

Séance du 3 mars.

Président. Décès de M. Ph. Plantamour. — E. Chaix. Explorations de grottes. — Le Royer. Grottes et gouffres naturels. — Ed. Sarasin. Seiches du lac des Quatre-Cantons. — Chodat. Sur certaines particularités de l'ovule des Composées.

M. le Président exprime les regrets qu'éprouvent les membres de la Société du décès de M. Ph. Plantamour, membre ordinaire depuis 1842. Il rappelle les principaux travaux de ce collègue dévoué, ainsi que l'intérêt qu'il a toujours pris à l'activité de la Société.

M. E. Chaix parle des *explorations de grottes* qu'il a faites en compagnie de M. Alex. Le Royer et d'autres compagnons.

Au commencement de juillet, MM. A. Le Royer, E.-A. Martel, E. Pitard, le Dr Grisel de Cluse et M. Chaix sont descendus dans le Gouffre des Verts, au Désert de Platé. Le 3, premier essai avec la corde à nœuds; le 4, descente avec une échelle de M. Martel. Le Gouffre est presque vertical; en haut, son diamètre est de 3 m., plus bas, de 4 à 5 m.; en bas, il a 5 × 12 m. La profondeur est de 47 m. Une cascatelle, qui pénètre à mi-hauteur, s'infiltre dans les éboulis du

fond et semble s'écouler par une crevasse orientée S.-E. à N.-W. Son eau avait + 2°,5. L'uranine dissoute dans cette eau n'a été observée nulle part ensuite. Il semble que le gouffre est ouvert à l'intersection de deux fissures presque à angle droit, dont la principale court N.-W. à S.-E.

L'uranine mise dans l'entonnoir du lac de Flaine le 5 juillet à 7 $^1/_2$ h. du matin n'a été observée nulle part. Il faudra refaire un essai à une autre heure.

Dans la Grotte de Balme, MM. Le Royer, Pitard, Grisel et Chaix sont descendus dans le gouffre signalé en 1764 par H.-B. de Saussure. Le « bouc noir » de la tradition ne leur a point mordu les jambes.

Ce gouffre est ouvert dans une fente orientée W.-E., qui est traversée par d'autres fissures à peu près à angle droit. La fente principale n'est pas verticale, mais plonge vers le N. A 38 m. au-dessous de l'orifice se trouve un petit replat; puis un passage très bas, de 2 m. de long, conduit dans une fente plus septentrionale. Cette fente se termine par un puits vertical, qui plonge dans l'eau. M. Le Royer y est seul descendu, atteignant une profondeur verticale de 54 m. au-dessous de l'orifice du gouffre.

On entendait dans le fond du gouffre un bruit continu de conque marine.

M. Le Royer a fait le relevé de l'axe de la grotte et M. Chaix le relevé de détail. Ce plan sera publié ultérieurement, avec les remarques qu'il provoque.

M. Alex. Le Royer fait la description de quelques *grottes et gouffres naturels* qu'il a explorés pendant les étés 1895 et 1897.

Les explorations de 1895 furent faites *dans le Jura*.

1° Au sud de la Dôle, au centre d'un plateau (le Mont Grevet) s'ouvre un puits naturel dont l'orifice forme un ovale de 2 m. sur 3. A 6 m. au-dessous du sol cette cheminée s'élargit et aboutit à une chambre dont le sol est formé d'éboulis. Les dimensions de cette chambre sont de 12 m. de longueur sur 6 de largeur et d'une hauteur de 10 m. La profondeur de ce gouffre est de 20 m.

2° Dans la forêt du Risoux à 9 km. au S.-O. de Vallorbes se trouve la Beaume de la Grand-Combe, gouffre d'une profondeur de 15 m. Le fond est aussi obstrué par des éboulis. Une des parois est parfaitement verticale; ce qui rend la descente plus aisée, tandis que les autres parois sont en surplomb. L'orifice supérieur est à peu près circulaire, d'un diamètre de 3 à 4 m.; la section au fond est un ovale fort irrégulier de 5 m. sur 6.

3° Au-dessous de Marchissy, s'ouvre dans le rocher une fissure de 1 m. 50 de long sur 30 cm. de large, perpendiculaire à la crête de la montagne. Des pierres lancées dans cet orifice rebondissent pendant assez longtemps, ce qui rend incertaine toute estimation de profondeur; la sonde indique des profondeurs variant dans le rapport de 1 à 10. Au-dessous de l'orifice le puits s'élargit et la corde flotte dans le vide. A 4 m. de profondeur on peut attérir sur un pont d'un mètre de largeur, couvert d'une couche d'argile humide très glissante. Du côté de la montagne, le gouffre s'élargit et présente une largeur estimée à 8 m., tandis que du côté de la plaine le puits n'a que 2 m. de diamètre. Descendant au-dessous du pont par le puits le plus large on constate que les deux passages communiquent entre eux, que les parois près desquelles la corde flotte sont couvertes d'une couche de boue argileuse laissant apercevoir par place des rognons cristallins blancs translucides. La descente n'a pu être prolongée au delà d'une dizaine de mètres au-dessous du pont. La corde à nœuds recouverte d'une couche d'argile était glissante, et elle flottait dans le vide avec un mouvement de balancement et de torsion peu favorable à l'organisme de l'explorateur; il lui a été impossible d'aller plus bas. En ce point même, en brûlant du magnésium, il ne lui a pas été possible d'apercevoir le fond.

4° Le Creux à Mamet, galerie horizontale, peu intéressant, se trouve à quelque distance du puits précédent.

5° Dans le pâturage du Pré au Veaux, formant combe, se trouve un mamelon rocheux dans lequel on peut pénétrer par une galerie horizontale où s'ouvre deux puits aboutissant à une chambre dont le fond est à une dizaine de mètres

au-dessous du sol; ces puits qui se rejoignent servent de nécropole aux bestiaux des alpages avoisinants, ce qui est désagréable.

6° Au-dessous du Marchairuz dans le Pré d'Aubonne une fissure verticale, profondeur 7 m., donne accès dans une vaste chambre pourvue d'un couloir latéral.

Explorations faites *en Savoie* 1897.

Un lieu en tout point remarquable comme grottes et puits est la vallée de l'Ognon et tout particulièrement la montagne de Freney, au-dessus de Mégevette où, non compris les grottes dites : de Mégevette, il a été relevé sommairenent 3 galeries horizontales. En outre, sur le flanc de la montagne, non loin du sommet, s'ouvre l'orifice du creux de Freney auquel on arrive par un couloir fort incliné. Comme description pittoresque voir l'enfer du Dante ou plutôt les illustrations de Doré. La corde flotte contre une paroi verticale le long de laquelle cascade un petit ruisseau entraînant du terreau noirâtre (le temps était pluvieux). Ce puits d'une largeur de 10 m. a une profondeur de 28 m. Au fond s'ouvre une galerie fort inclinée qui n'a pas été explorée ainsi qu'une autre située au $^1/_3$ supérieur du puits à laquelle on peut accéder par une corniche.

Grottes de Mégevette. Ces grottes au nombre de deux sont fort intéressantes et communiquent entre elles : couloirs fort étroits où l'on peut à peine passer, grandes chambres. cheminées inaccessibles dont le haut n'est pas visible même avec la lumière du magnésium, plusieurs étages, un vrai labyrinthe! Dans une des grottes, un puits vertical de 27 m. conduit à une série de chambres qui, par des couloirs étroits communiquent avec les deux grottes. Dépôts calcaires en formation, lacs qui bouchent certains passages suivant la chute d'eau atmosphérique, ruisseau avec lequel l'amateur doit faire bon ménage dans certains passages étroits, bref l'idéal en fait de grottes.

L'exploration et le relevé topographique de ces grottes, vu leur complication, n'a pu être achevée malgré trois séjours à Mégevette. Une grande crevasse à l'aspect assez sinistre, au fond de laquelle passe un courant d'eau, aboutit

à un puits vertical peu profond il est vrai mais qui n'a pas encore été exploré.

Le relevé topographique des parties explorées des grottes de Mégevette a été fait avec la boussole à lunette pourvue d'une stadia et d'un limbe vertical qui donne le nivellement. La précision de cet appareil a été vérifiée par deux cheminements de 400 m. environ faits dans la grotte de Balme (Cluse), un d'aller, de l'entrée à l'extrémité, l'autre de retour, et qui ont donné une erreur verticale de 0 m. 19 et 1 m. 02 sur l'horizontale. Cette erreur est probablement due à la difficulté des observations faites en pleine obscurité et dans des positions souvent fort gênées.

Le matériel qui a servi pour descendre dans les puits verticaux est composé d'une corde à nœuds, de sangles et de crochets, dispositif semblable à celui dont se servent les ferblantiers pour installer ou réparer les canalisations de descentes d'eau des toits le long des façades des maisons. Ce matériel est beaucoup plus léger que celui de M. Martel (échelle de corde), mais demande beaucoup plus d'efforts physiques, il devient même d'un emploi très fatigant lorsque la corde flotte dans le vide sur une grande longueur, l'explorateur ne pouvant ainsi empêcher la rotation en s'appuyant sur les parois.

M. Ed. SARASIN parle des *seiches du lac des Quatre-Cantons*, dont il a entrepris l'étude à la demande et avec le concours de la Commission spéciale qui s'est constituée pour diverses recherches sur ce lac. Son limnimètre enregistreur a fonctionné à Lucerne du 15 juillet au 15 décembre 1897 dans une petite cabane adossée à l'entrée du vieux pont couvert de la Reuss, sur la rive droite, peu de mètres au-dessous de sa sortie du lac. Les périodes de 10, 24 et 45 minutes relevées par M. Arnet ont paru constamment. Les tracés ont offert une régularité beaucoup plus grande que ne semblait le faire prévoir la forme si irrégulière du lac. Pendant l'arrière saison, novembre et décembre, les mouvements ont été beaucoup plus accentués et réguliers que dans les mois d'eté, de beaux balancements rythmiques se sont produits,

en particulier du 1er au 15 décembre, tant de 24 minutes de période, que de 10 minutes. Ce dernier type a été marqué en particulier le 11 décembre par plus de 80 oscillations régulières, allant parfois jusqu'à 14 et 15 cm. d'amplitude. Dans cette même période, le type de 24 minutes a été représenté aussi par de belles séries. Le type de 45 minutes s'y retrouve plus rarement, mais aussi très nettement.

La démolition de la cabane dans laquelle était le limnographe a nécessité son enlèvement. M. Sarasin aura soin de l'installer dans un grand nombre d'autres points des bords du lac pour fixer les lois de ses mouvements et pour commencer il choisira une station de la partie orientale, à l'extrémité opposée à Lucerne.

M. Chodat communique les résultats principaux d'une étude qui a été faite dans son laboratoire et sous sa direction par Mlle M. Goldflus. Ces recherches ont pour titre : *Sur certaines particularités de l'ovule des composées.*

Contrairement à l'opinion courante (Strasburger, Vesque, Guignard, etc.) qui ne voit dans les cellules antipodes qu'un résidu prothalien sans fonctions, il résulte de ces recherches que cet appareil joue un rôle important dans les premières phases de la mâturation de l'ovule fécondé. Les cellules antipodes primitivement normalement situées deviennent superposées et se multiplient souvent par division. Elles communiquent vers le bas avec un cordon axial de cellules allongées et qui fonctionnent comme pseudo-chalaze, servant d'intermédiaire entre la terminaison des faisceaux périovulaires et l'appareil transmetteur antipodial. La persistance de ces cellules superposées, après la fécondation et très longtemps encore après les premiers développements de l'embryon, la formation de l'albumen transitoire, leur richesse en matières assimilées, la grosseur et même l'hypertrophie de leurs noyaux alors que les cellules avoisinantes perdent leur contenu et subissent une digestion, tout cela démontre qu'elles jouent un rôle actif dans la digestion du pseudonucelle (région interne du tégument). Il en est de même des

cellules disposées en une seule couche et qui appartiennent à la zone la plus interne du tégument entourant le sac embryonnaire. On leur a donné le nom de cellules épithéliales. Ce sont des cellules digestives, car tandis qu'elles grossissent et se maintiennent riches en matières assimilées, les tissus périphériques sont progressivement digérées. D'autre part, les cellules de la région interne du tégument vont converger d'une manière très évidente vers cette assise digestive. Toute l'anatomie de l'ovule parle en faveur de cette interprétation.

Dans tous les cas, cette assise ne saurait être considérée comme assise protectrice ainsi que le veut Hegelmaier. Il n'y a aucune raison sérieuse à faire valoir en faveur de cette opinion.

Chez quelques genres, la dernière antipode est renflée en massue, en une espèce de pseudopode qui s'enfonce dans les tissus de l'ovule. Chamberlain a voulu y voir l'origine d'un second œuf. Il n'en a donné aucune preuve. Cette disposition est réalisée chez Aster Novæ angliæ et *Chrysanthemum leucanthemum et Leucanthemum lacustre*.

La différenciation en un cordon axial et en un tissu périaxial dans la région interne du tégument a été suivie dans un assez grand nombre de genres. La grandeur du sac par rapport à la dimension de l'ovule varie beaucoup. Quelquefois le sac occupe près de la moitié de la longueur de l'ovule (Gaillardia, Dracopis), d'autres fois il n'en prend qu'une minime partie (Serratula, Telekia), entre ces deux extrêmes il y a tous les passages voulus.

La structure de la couche épithéliale digestive varie aussi. Ses cellules sont tabulaires et grandes chez Leucanthemum lacustre, Gaillardia bicolor, Senecio, Helianthus Maximiliani, Catananche lutea, plus petites chez Chrysanthemum leucanthemum, Cineraria maritima. D'autres fois ce sont des cellules allongées, courbées, disposées en éventail vers le micropyle (Helianthus annuus, Serratula coronata, Helianthus gyrophyllus, Dahlia gracilis). Les antipodes dépassent généralement cette couche épithéliale. Chez *Galatella rigida* elles forment un suçoir parenchymateux très caractéristique,

tandis que dans le Dracopis amplexicaulis, l'épithélium les accompagne sur toute leur longueur. Chez les Helianthus elles se font remarquer par leur grande dimension qui peut dépasser celle du reste du sac avant la fécondation et même pendant les premières phases du développement de l'embryon. Le suspensoir de ce dernier est tantôt court (Taraxacum, Helianthus) tantôt très long (Catananche, etc.). Il y a des variations considérables quant aux segmentations premières qu'il subit.

Pour la chromatophilie des divers appareils du sac embryonnaire, elle est relativement peu différenciée, mais dans ses traits généraux elle concorde avec ce qui a déjà été indiqué par les travaux exécutés dans ce laboratoire. Les cellules antipodes sont plutôt cyanophiles de même que les cellules épithéliales, tandis que les autres appareils du sac sont érythophiles.

Le réactif de Millon employé par Guignard pour déceler les cellules ferments donne aussi chez ces cellules digestives une coloration caractéristique.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1898

Le 1er, fort vent depuis 7 h. du soir.

2, légère pluie à 7 h. du matin et à 1 h. du soir; à 9 h. arc-en ciel double; très fort vent pendant la nuit jusqu'à 1 h. du soir.

3, giboulée de grésil avant 7 h. du matin; chute de neige à 8 h. 35 m.; halo lunaire dans la soirée.

4, gelée blanche le matin; pluie pendant la soirée; neige à 10 h. du soir.

5, chute de neige pendant la nuit; hauteur : 9cm; neige pendant tout le jour; elle fond à mesure qu'elle tombe.

6, chute de neige pendant la nuit jusqu'à 10 h. du matin; hauteur : 0cm,8; halo lunaire depuis 7 h. à 10 h. du soir.

7, forte bise pendant toute la journée.

9, brouillard enveloppant à 7 h. du matin; brouillard pendant le reste de la journée.

10, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

11, bise toute la journée; brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

12, brouillard à 7 h. du matin; pluie depuis 10 h. du matin à 4 h. du soir.

14, très forte gelée blanche le matin; léger brouillard bas jusqu'à 10 h. du matin; rosée à 10 h du soir.

16, très faible gelée blanche le matin.

19, forte gelée blanche le matin.

20, gelée blanche le matin.

21, forte bise pendant toute la journée.

22, forte bise pendant toute la journée.

23, gelée blanche le matin; halo solaire depuis 2 h. à 3 h. 35 m.

24, depuis 7 h. 30 m. pluie mélangée de neige et grésil fin; de 11 h. 25 m. à 1 h. giboulées de neige

25, forte bise depuis 7 h. du matin à 4 h. du soir; neige fine par intermittence; hauteur : 0cm,5.

27, la neige commence à tomber depuis 7 h. du matin jusqu'à 10 h.; hauteur : 4cm,5; à 4 h. du soir nouvelle neige mélangée de pluie depuis 9 h. du soir; hauteur : 6cm.

28, neige à 7 h. du matin; hauteur : 11cm,5; halo lunaire à 9 h. du soir; halo partiel à 10 h. du soir.

29, pluie depuis 9 h. du soir.

30, légère gelée blanche le matin.

31, forte gelée blanche le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. matin	729,92	Le 1er à 11 h. soir	727,20
5 à 10 h. soir	718,86	5 à 4 h matin	716,32
6 à 10 h. matin	719,96	8 à minuit	713,16
7 à minuit	718,49	10 à 4 h. soir	723,95
9 à 11 h. soir	726,40	12 à 5 h. matin	721,24
12 à 11 h. soir	724,09	18 à 4 h. soir	729,09
16 à 10 h. matin	730,41	20 à 1 h. soir	723,66
20 à minuit	724,88	21 à 3 h. matin	724,34
21 à 10 h. matin	725,43	27 à 4 h. matin	708,28
26 à 9 h. matin	709,93	28 à 1 h. matin	712,36
28 à 10 h. matin	714,54	29 à 3 h. soir	709,99
29 à minuit	713,81	31 à 5 h. soir	714,14
31 à 9 h. matin	718,03		

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève

Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLOGNY R. Gautier	JUSSY M. Micheli	OBSERVAT.	COMPESIERES Pellegrin	ATHENAZ J.-J. Decor	SATIGNY P. Pelletier
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Total...	57.5	76.7	54.0	76.5	88.2	64.2	63.5

Durée totale de l'insolation à Jussy : 103h 20m.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en milliém. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en milliém. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en milliém. Minim.	Fract. de saturation en milliém. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	+ °	°	cm
1	729,05	+ 3,22	727,20	729,92	+ 4,81	+ 1,83	+ 1,4	+ 8,4	692	— 96	460	920	0,5	..	SSW. 1	10,0	1,00	0,0	5,5	+ 0,1	84,5
2	725,23	— 0,53	724,18	727,51	+ 4,86	+ 1,77	+ 1,6	+ 7,7	719	— 67	490	900	2,8	2	SSW. 2	18,0	0,68	0,6	5,5	0,0	81,5
3	723,51	— 2,19	722,07	725,27	+ 2,69	— 0,51	— 0,5	+ 8,8	728	— 55	440	900	0,7	1	var.	4,8	0,43	4,5	5,5	0,0	83,8
4	719,22	— 6,42	716,61	722,01	+ 1,39	— 1,93	— 0,7	+ 4,9	782	+ 1	560	960	3,0	1	var.	3,3	1,00	0,0	5,5	0,0	83,5
5	717,39	— 8,19	716,32	718,86	+ 0,38	— 3,05	— 0,2	+ 1,7	935	+156	870	960	29,3	15	SSW. 1	3,8	1,00	0,0	5,3	— 0,3	85,3
6	719,05	— 6,48	718,49	719,96	+ 0,41	— 3,44	— 1,5	+ 2,7	868	+ 92	780	960	1,5	..	NNE. 1	9,6	0,83	3,1	...	.....	84,0
7	715,24	—10,23	713,21	718,49	+ 0,89	— 2,77	0,0	+ 1,5	832	+ 58	760	900	...	..	NNE. 3	23,5	1,00	0,0	4,4	— 1,3	88,2
8	716,87	— 8,54	713,16	721,79	+ 1,69	— 2,09	— 0,5	+ 4,8	818	+ 47	690	920	...	..	var.	2,5	0,93	0,0	4,5	— 1,2	87,1
9	724,38	— 0,98	722,19	726,40	+ 1,41	— 2,49	— 1,9	+ 4,8	900	+131	820	940	...	..	var.	3,3	0,93	1,1	4,9	— 0,9	85,5
10	727,71	+ 2,41	723,95	725,64	+ 2,82	— 1,20	+ 1,3	+ 4,7	852	+ 86	740	970	0,0	..	var.	4,2	1,00	0,0	5,1	— 0,7	84,0
11	723,32	— 1,93	722,50	724,75	+ 3,70	— 0,44	+ 3,1	+ 4,4	785	+ 21	720	850	...	..	NNE. 1	10,8	1,00	0,0	5,0	— 0,9	85,5
12	722,59	2,61	721,24	724,09	+ 2,68	— 1,58	+ 2,0	+ 3,7	884	+123	820	940	1,6	7	var.	1,5	1,00	0,0	5,2	— 0,7	85,1
13	725,51	+ 0,36	724,15	726,74	+ 3,34	— 1,04	— 0,7	+ 8,7	840	+ 81	650	970	0,1	..	var.	2,1	0,40	6,2	...	.....	86,5
14	727,33	+ 2,23	725,08	728,63	+ 4,59	+ 0,08	— 1,7	+11,0	744	— 12	470	950	...	..	var.	1,7	0,35	8,8	5,7	— 0,4	84,5
15	728,66	+ 3,61	727,85	729,62	+ 6,10	+ 1,47	+ 1,9	+11,5	679	— 75	400	890	...	..	N. 1	3,1	0,40	7,9	5,9	— 0,2	83,5
16	729,75	+ 4,74	728,83	730,41	+ 6,36	+ 1,61	— 0,1	+13,9	671	— 80	440	860	...	..	calme	2,1	0,95	2,6	6,0	— 0,2	84,0
17	729,21	+ 4,25	728,70	729,88	+ 8,40	+ 3,22	+ 5,4	+11,9	671	— 78	490	810	...	..	N. 1	3,3	0,75	3,3	6,0	— 0,2	84,5
18	729,87	+ 4,95	729,09	730,61	+ 7,17	+ 2,17	+ 2,9	+13,8	741	— 6	600	880	...	..	var.	3,5	0,50	4,7	6,8	+ 0,5	85,8
19	727,60	+ 2,72	725,07	729,69	+ 8,70	+ 3,57	+ 1,7	+18,1	726	— 18	480	930	...	..	var.	1,5	0,03	9,9	7,1	+ 0,8	84,7
20	724,19	— 0,65	723,66	724,88	+10,54	+ 5,28	+ 4,2	+18,1	674	— 68	410	880	...	..	SSW. 1	4,6	0,82	3,4	...	.....	86,0
21	724,82	+ 0,01	724,34	725,43	+ 6,94	+ 1,56	+ 4,6	+11,3	778	+ 38	730	850	0,1	..	NN. 1	14,4	1,00	0,1	7,6	+ 1,1	86,0
22	723,29	— 1,48	722,11	724,68	+ 5,45	— 0,06	+ 5,4	+ 9,2	659	— 79	490	800	...	..	NNE. 1	22,9	0,50	3,6	6,8	+ 0,3	88,8
23	720,46	— 4,28	716,18	723,17	+ 5,58	— 0,06	— 0,4	+10,2	597	—138	460	850	...	..	SSW. 1	7,1	0,65	6,7	6,7	+ 0,1	85,7
24	713,81	—10,90	712,76	715,85	+ 3,80	— 1,97	+ 1,0	+ 8,3	660	— 73	450	840	1,2	1	var.	10,6	0,87	1,9	6,7	0,0	86,2
25	710,47	—14,21	709,06	712,36	+ 0,69	— 5,21	— 0,8	+ 2,3	782	+ 51	610	930	0,6	2	NNE. 3	20,8	1,00	0,0	6,4	— 0,3	86,8
26	709,22	—15,43	708,18	709,93	+ 1,70	— 4,33	— 2,6	+ 6,9	667	— 62	340	900	...	..	SSW. 1	10,8	0,82	6,4	5,9	— 0,9	85,5
27	709,96	—14,67	708,28	712,60	+ 0,89	— 5,28	+ 0,2	+ 3,3	859	+132	600	1000	17,7	12	SSW. 1	3,5	1,00	0,0	...	.....	86,0
28	713,91	—10,69	712,36	714,54	+ 2,82	— 3,48	+ 0,1	+ 6,1	867	+142	640	1000	16,0	9	N. 1	4,0	0,67	7,4	5,7	— 1,3	92,5
29	711,98	—12,60	709,99	713,81	+ 4,48	— 1,95	+ 0,8	+ 9,9	733	+ 10	490	890	1,4	..	SSW. 1	4,8	1,00	1,4	5,6	— 1,4	92,5
30	714,79	— 9,77	712,41	716,64	+ 6,14	— 0,42	+ 0,9	+12,8	714	— 7	370	930	...	..	calme	4,6	0,33	10,9	5,9	— 1,2	87,0
31	716,35	— 8,20	714,14	718,03	+ 5,62	— 1,08	— 0,6	+10,9	695	— 24	490	890	...	..	var.	1,7	0,78	3,4	6,8	— 0,4	91,5
Mois	721,02	— 4,01			+ 4,08	— 0,52			760	+ 6						7,18	0,76		5,85	—0,27	86,00

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1898

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	721,89	721,43	721,51	721,77	721,49	720,98	721,35	721,31
2e »	727,07	726,81	727,03	727,16	726,74	726,00	726,56	727,05
3e »	715,75	715,37	715,63	715,64	715,15	714,61	715,16	715,62
Mois	721,38	721,02	721,21	721,33	720,93	720,34	720,84	721,14

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 1,15	+ 0,96	+ 0,93	+ 2,65	+ 3,56	+ 3,71	+ 2,33	+ 1,54
2e »	+ 3,33	+ 2,56	+ 2,69	+ 7,37	+ 9,55	+ 10,07	+ 7,82	+ 5,63
3e »	+ 2,85	+ 2,16	+ 1,65	+ 4,20	+ 6,10	+ 6,87	+ 4,84	+ 3,39
Mois	+ 2,46	+ 1,90	+ 1,75	+ 4,72	+ 6,39	+ 6,88	+ 4,99	+ 3,51

Fraction de saturation en millièmes.

1re décade	860	869	901	799	722	711	799	840
2e »	839	867	873	722	584	578	676	793
3e »	739	791	866	737	667	591	709	725
Mois	810	841	880	752	658	625	727	784

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	— 0,10	+ 5,00	+ 5,13	0,88	9,3	8,30	37,8	84,74
2e »	+ 1,87	+ 11,51	+ 5,96	0,62	46,8	3,42	1,7	85,01
3e »	+ 0,78	+ 8,29	+ 6,41	0,78	41,7	9,56	37,0	88,05
Mois	+ 0,85	+ 8,27	+ 5,85	0,76	97,8	7,18	76,5	86,00

Dans ce mois l'air a été calme 33,9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 1,61 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 3°,5 E. et son intensité est égale à 6,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1898.

Le 1er, neige à 7 h. du matin; brouillard à 7 h. du soir.

2, neige à 7 h. du matin; neige depuis 1 h. du soir pendant le reste de la journée; hauteur : 30 cm.

4, neige pendant toute la journée, emportée par un fort vent.

5, brouillard jusqu'à 1 h. du soir; neige depuis 4 h. du soir; hauteur : 15cm.

6, neige jusqu'à 1 h. du soir; hauteur : 20cm.

7, neige pendant toute la journée; hauteur : 21cm.

8, neige jusqu'à 4 h. du soir, ensuite brouillard; hauteur : 15cm; fort vent pendant la soirée.

9, neige à 10 h. du matin; brouillard à 1 h. du soir.

10, brouillard à 7 h. du soir.

11, brouillard à 7 h. du matin, à 1 h. et à 10 h. du soir.

12, brouillard depuis 10 h. du matin à 1 h. du soir; neige à 10 h. du soir.

17, brouillard pendant toute la journée.

18, brouillard à 4 h. du soir.

21, brouillard à 7 h. du matin et à 4 h. du soir.

22, brouillard à 4 h. du soir.

24, neige depuis 1 h. à 4 h. du soir.

25, neige pendant toute la journée; hauteur . 20cm.

26, neige depuis 1 h. à 4 h du soir; brouillard à 10 h. du soir.

27, brouillard le matin; neige pendant le reste du jour; hauteur : 18cm.

28, brouillard depuis 7 h. du soir.

29, brouillard jusqu'à 1 h. du soir, ensuite neige jusqu'à 7 h. du soir; hauteur : 8cm; brouillard à 10 h. du soir.

30, brouillard le matin jusqu'à 10 h.

31, brouillard à 1 h. du soir; neige à 4 h. et brouillard ensuite.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à midi	562,40	Le 1er à 4 h. matin	560,54
7 à 1 h. matin	552,20	7 à 10 h. matin	550.98
10 à minuit	562.60	10 à 4 h. soir	560,39
12 à 11 h. soir	559,20	12 à 7 h. matin	557,24
18 à 11 h. soir	567,25	19 à 11 h. soir	565,90
26 à 11 h. soir	546.60	26 à 10 h. matin	544,58
31 à 11 h matin	555.50	29 à 1 h. soir	550,11
		30 à 5 h. matin	549,80
		31 à 4 h. matin	555.40

SAINT-BERNARD. — MARS 1898

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.				
1	561,45	+ 1,76	560,54	562,40	— 6,95	+ 1,28	—12,7	— 1,0	.....	.....	....	NE.	1	0,73
2	559,08	— 0,60	557,75	561,50	— 8,02	+ 0,15	—11,8	— 3,1	300	14,0	....	var.		0,98
3	556,52	— 3,16	556,25	557,75	—11,77	— 3,66	—15,8	— 8,4	.....	.....	....	NE.	1	0,32
4	555,66	— 4,01	555,35	556,30	—11,02	— 2,97	—14,8	— 8,2	.....	.....	....	SW.	2	1,00
5	553,60	— 6,07	552,60	555,10	— 8,59	— 0,60	—11,2	— 7,0	150	8,0	....	SW.	1	1,00
6	552,36	— 7,30	552,00	552,74	— 9,15	— 1,23	—13,9	— 5,5	200	9,8	....	NE.	1	0,88
7	551,40	— 8,26	550,98	552,20	— 4,87	+ 2,98	— 8,8	— 3,2	240	22,0	....	SW.	1	1,00
8	554,45	— 5,21	551,30	559,60	— 4,80	+ 2,98	— 5,3	— 2,5	150	15,5	....	SW.	1	1,00
9	561,01	+ 1,34	559,60	561,52	— 4,35	+ 3,36	— 5,8	— 1,6	.....	.....	....	SW.	1	0,62
10	560,94	+ 1,27	560,39	562,60	— 5,25	+ 2,39	— 6,8	— 2,9	.....	.....	....	SW.	1	0,43
11	558,88	— 0,80	558,00	560,10	— 6,20	+ 1,36	— 9,0	— 2,0	.....	.....	....	SW.	1	0,75
12	557,89	— 1,80	557,24	559,20	—11,25	— 3,77	—12,9	— 7,8	.....	.....	....	SW.	1	0,82
13	560,77	+ 1,07	559,29	562,10	— 7,04	+ 0,36	—10,7	— 3,0	.....	.....	....	SW.	1	0,13
14	562,45	+ 2,74	561,89	563,30	— 6,42	+ 0,90	—10,7	— 1,7	.....	.....	....	NE.	1	0,00
15	563,22	+ 3,49	562,80	563,77	— 7,04	+ 0,19	—11,3	— 2,5	.....	.....	....	NE.	1	0,07
16	563,67	+ 3,92	563,45	563,97	— 7,40	— 0,26	—11,4	— 4,9	.....	.....	....	NE.	1	0,60
17	564,00	+ 4,23	563,60	564,90	— 4,90	+ 2,15	— 7,1	— 2,6	.....	.....	....	NE.	1	1,00
18	565,89	+ 6,10	565,00	567,25	— 1,84	+ 5,12	— 5,2	+ 0,7	.....	.....	....	NE.	1	0,60
19	566,48	+ 6,66	565,90	567,20	+ 2,90	+ 9,77	— 1,3	+ 9,2	.....	.....	....	NE.	1	0,00
20	563,31	+ 3,46	562,22	565,40	+ 0,28	+ 7,05	— 2,6	+ 5,1	.....	.....	.	var.		0,52
21	561,36	+ 1,48	560,79	562,20	— 2,20	+ 4,47	— 5,0	+ 2,5	.....	.....	....	NE.	1	0,63
22	559,47	— 0,44	559,30	560,20	— 2,22	+ 4,35	— 5,0	+ 3,2	.....	.....	....	NE.	1	0,42
23	557,06	— 2,88	554,00	559,60	— 4,50	+ 1,97	— 7,0	— 0,2	.....	.....	....	NE.	1	0,20
24	549,28	—10,70	548,10	552,50	—10,94	— 4,57	—14,8	— 3,1	.....	.....	....	var.		0,58
25	545,78	—14,24	545,00	547,70	—14,95	— 5,69	—15,0	— 8,1	200	11,0	....	SW.	1	1,00
26	545,32	—14,74	544,58	546,60	—13,45	— 7,29	—14,3	— 7,8	.....	.....	....	SW.	1	0,90
27	547,30	—12,80	546,20	549,00	—11,92	— 5,87	—15,7	—10,4	180	6,0	....	SW.	2	1,00
28	551,05	— 9,10	549,00	553,15	— 9,29	— 3,35	—13,6	— 0,8	.....	.....	....	SW.	1	0,55
29	550,97	— 9,23	550,11	552,70	— 7,12	— 1,29	—10,3	— 5,5	80	6,4	....	SW.	2	1,00
30	351,96	— 8,29	549,80	554,80	— 6,97	— 1,25	—10,7	— 3,3	.....	.....	....	NE.	1	0,42
31	555,74	— 4,56	555,40	555,50	— 6,64	— 1,04	—10,8	— 3,6	.....	.....	....	SW.	2	0,80
Mois	557,04	— 2,67			— 6,80	+ 0,52								0,64

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1898.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	557,01	556,29	556,49	556,50	556,52	556,63	556,85	556,88
2e » ...	562,80	562,44	562,37	562,64	562,59	562,49	562,86	563,05
3 » ...	552,85	552,33	552,01	552,13	552,14	552,15	552,31	552,48
Mois	557,40	556,87	556,80	556,93	556,92	556,93	557,18	557,31

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 7,82	— 6,29	— 5,11	— 6,37	— 7,97	— 8,00
2e » ...	— 5,87	— 3,58	— 1,63	— 3,10	— 5,73	— 6,13
3e » ...	— 8,70	- 6,30	— 5,06	— 6,69	— 8,44	— 9,06
Mois	— 7,50	— 5,42	— 3,97	— 5,43	— 7,41	— 7,77

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 10,69	— 4,34	0,80	69,3	104,0
2e » ...	— 8,22	— 0,95	0,45	....	....
3e » ...	— 11,11	— 3,37	0,68	23,4	46,0
Mois	— 10,04	— 2,90	0,64	92,7	150,0

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 0,79 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 12,9 sur 100.

SUR

L'ÉVOLUTION BIOCHIMIQUE

DU

CARBONE

Conférence faite, le 24 février 1898, à l'École de Chimie de Genève

PAR

A. BACH

Envisagée au point de vue de la mécanique chimique, la vie est une dépense ininterrompue d'énergie. Pour faire face à cette dépense, les êtres vivants emmagasinent de l'énergie sous forme d'aliments.

Si nous cherchons à nous rendre compte de la nature et de l'origine des aliments qui constituent la source d'énergie pour les organismes vivants, nous constatons : 1° qu'ils appartiennent tous à la classe de corps organiques, c'est-à-dire contenant du carbone, et 2° qu'ils sont toujours eux-mêmes des produits de l'activité vitale des plantes à chlorophylle. Ici apparaît la différence entre les animaux et les végétaux. Les uns et les autres ont besoin d'une source d'énergie pour accomplir leurs fonctions vitales. Mais, tandis que les animaux ne peuvent exister qu'aux dépens des végétaux, ceux-ci se suffisent à eux-mêmes, car à l'aide des rayons solaires et en partant

de composés inorganiques de nature très simple, ils créent des matières organiques extrêmement complexes et qui sont de véritables véhicules d'énergie. Les animaux s'emparent de ces matières organiques, les détruisent dans un processus d'oxydation pour utiliser l'énergie qu'elles contiennent et les transforment de nouveau en composés inorganiques.

Les éléments chimiques dont se composent les êtres vivants accomplissent donc une certaine évolution, un certain cycle de transformations en passant de l'état de matière brute à l'état de matière vivante pour retomber de nouveau dans le domaine de la nature inanimée. L'étude de cette évolution constitue l'objet de la chimie biologique.

Dans cette conférence, j'ai l'intention de vous exposer l'état actuel de nos connaissances sur l'évolution biochimique d'un seul de ces éléments — le carbone — qui est de beaucoup le plus important. Malheureusement, disons-le tout de suite, nous sommes bien loin de connaître toutes les phases de cette évolution, et les lacunes que nous avons à constater sont très nombreuses. Mais quelque incomplètes qu'elles soient, ces connaissances forment un des chapitres les plus intéressants de la chimie biologique.

On sait que le carbone des matières organiques élaborées par les plantes, provient entièrement de l'anhydride carbonique de l'air. Les plantes décomposent l'anhydride carbonique, mettent en liberté son oxygène et retiennent le carbone pour former, avec le concours de l'eau, des hydrates de carbone :

$$n\ (CO^2 + H^2O) = nO^2 + n\ (C + H^2O)$$

Les hydrates de carbone — matières sucrées et amidon — constituent en effet, dans les plantes, les premiers termes tangibles de la synthèse des matières organiques en partant du carbone de l'anhydride carbonique. Mais quel est le mécanisme par lequel s'opère cette transformation du carbone ? Diverses hypothèses ont été énoncées à ce sujet.

Suivant Liebig, les acides de la série grasse — acides formique, acétique, oxalique, tartrique, etc. — sont les premiers termes de la réduction de l'acide carbonique dans les plantes. Par une réduction ultérieure, ces acides se transforment en matières sucrées et amidon. L'hypothèse de Liebig qui ne s'appuie sur aucun fait précis, ne compte plus aujourd'hui que de très rares adhérents.

Beaucoup plus importante est l'hypothèse formulée, il y a vingt-huit ans de cela, par Ad. Baeyer. Par des considérations théoriques et en s'appuyant sur le fait que Boutlerow a réussi à transformer l'aldéhyde formique en une matière sucrée, Baeyer arrive à la conclusion que c'est l'aldéhyde formique qui constitue le premier terme de la réduction de l'acide carbonique dans les plantes. Pour Baeyer, l'équation empirique

$$n\,(CO^2 + H^2O) = n\,O^2 + n\,(C + H^2O)$$

se transforme en l'équation définie :

$$CO^2 + H^2O = O^2 + CH^2O$$

L'aldéhyde formique ainsi produit se convertit ensuite par polymérisation en matières sucrées et amidon.

Baeyer a aussi cherché à expliquer le mécanisme même de la formation de l'aldéhyde formique en partant de l'anhydride carbonique. D'après lui, l'anhydride carbo-

nique se décompose en oxygène, qui est mis en liberté, et oxyde de carbone, qui est fixé par la chlorophylle. La chlorophylle oxycarbonée est ensuite réduite par l'hydrogène naissant avec régénération de chlorophylle et production d'aldéhyde formique :

$$\chi CO + H^2 = \chi + CH^2O$$

L'hydrogène naissant provient de la décomposition de l'eau, mais Baeyer n'explique pas comment cette décomposition se produit, ce qui déplace le problème sans le résoudre.

Parmi les autres hypothèses, je mentionnerai encore celle avancée par Erlenmeyer. Suivant ce chimiste, sous l'action de la lumière et de la chlorophylle, il se produit une hydratation de l'anhydride carbonique, hydratation immédiatement suivie d'une décomposition en acide formique et péroxyde d'hydrogène :

$$CO^2 + 2H^2O = CH^2O^2 + H^2O^2$$

Par un processus analogue, l'acide formique pourrait se réduire ensuite en aldéhyde formique. Les deux molécules de péroxyde d'hydrogène ainsi formées se décomposeraient avec mise en liberté d'une molécule d'oxygène, et le résultat final correspondrait ainsi à l'équation de Baeyer.

Lorsque, il y a une dizaine d'années de cela, j'ai abordé l'étude de ce problème, j'ai cherché avant tout à prendre quelques points de repère pour orienter mes recherches et ne pas procéder en aveugle. Voici ces points de repère :

1° Les traités de botanique et de physiologie végétale parlent toujours du système « $CO^2 + H^2O$ » qui, dans

les plantes, se décompose comme il vient d'être dit. Or, comme tous les autres anhydrides d'acides, l'anhydride carbonique dissous dans l'eau forme un acide

$$CO^3H^2 \text{ ou } O = C <^{OH}_{OH}$$

qui, pour être instable à l'état libre, n'en possède pas moins toutes les propriétés caractéristiques des acides. C'est donc à l'état de CO^3H^2 que l'acide carbonique subit la décomposition dans les plantes.

2° Il existe des transformations chimiques qui, lorsqu'on n'envisage que le point de départ et le résultat, sont très difficiles à expliquer. Elles s'expliquent cependant très bien si l'on tient compte des réactions intermédiaires qui relient le point de départ au résultat final.

J'ai pensé que la décomposition de l'acide carbonique en oxygène et aldéhyde formique devait aussi s'opérer par une série de réactions intermédiaires réalisant ainsi par étapes successives une transformation qui nous paraît à première vue très difficile.

3° Nous ne connaissons actuellement qu'une seule classe de corps susceptibles de se décomposer à la température ordinaire avec dégagement d'oxygène : ce sont les peroxydes. Pour que l'acide carbonique puisse se décomposer en oxygène et aldéhyde formique, il faut donc qu'il forme directement ou indirectement, comme produit intermédiaire, un peroxyde.

Je savais que Berthelot avait obtenu un composé oxygéné du carbone contenant plus d'oxygène que l'anhydride carbonique et fonctionnant comme peroxyde. Mais le rapport qui existait entre tous ces faits ne m'est apparu d'une manière très claire que lorsque j'ai eu connaissance de la réaction suivante.

O. Lœw a montré que, sous l'action de la radiation solaire, l'acide sulfureux se décompose suivant l'équation

$$3SO^3H^2 = 2SO^4H^2 + S + H^2O$$

En tenant compte de l'analogie reconnue depuis longtemps entre l'acide sulfureux SO^3H^2 et l'acide carbonique CO^3H^2, je me suis dit : supposons que la décomposition sous l'action des rayons solaires de celui-ci suive exactement la même marche que la décomposition de celui-là, et voyons ce qu'il en résulterait. Nous aurions alors :

$$3CO^3H^2 = 2CO^4H^2 + C + H^2O$$

Le composé CO^4H^2 contiendrait plus d'oxygène que l'acide carbonique et correspondrait à l'hydrate de peroxyde de carbonyle $O{=}C\left\langle\begin{array}{c}O\\ |\\ O\end{array}\right.$ ou à l'acide percarbonique. Comme peroxyde, il pourrait se décomposer à la température ordinaire en oxygène et acide carbonique :

$$CO^4H^2 = CO^3H^2 + O$$

Le groupe « $C + H^2O$ » correspondant au groupe « $S + H^2O$ » ne serait évidemment autre chose que l'hydrate de carbone le plus simple, l'aldéhyde formique.

Il se trouve donc que l'ensemble de ces réactions, à savoir :

$$3CO^3H^2 = 2CO^4H^2 + CH^2O = 2CO^3H^2 + O^2 + CH^2O$$

aboutit à un résultat qui est tout à fait conforme à l'équation fondamentale de Baeyer.

Arrivé à cette déduction, j'ai cherché à la vérifier expérimentalement. Dans l'étude expérimentale de la décomposition de l'acide carbonique sous l'action de la

radiation solaire, il est avant tout nécessaire de tenir compte des considérations suivantes :

1° On sait que les différentes parties du spectre solaire agissent différemment sur la marche de la décomposition de l'acide carbonique dans les plantes. Cette décomposition présente deux *maxima*, l'un situé dans la partie la moins réfrangible, l'autre dans la partie la plus réfrangible du spectre. Ces deux maxima correspondent au spectre d'absorption de la chlorophylle. On explique ce fait en admettant que la chlorophylle absorbe certaines radiations, se charge de leur énergie et la transmet aux molécules d'acide carbonique qui subissent la décomposition que l'on sait. On peut donc dire que ces radiations spéciales sont favorables, sinon indispensables, à la décomposition de l'acide carbonique. Dans un milieu qu'elles traversent sans être absorbées, ce phénomène ne se produira qu'avec une extrême lenteur. C'est pour cette raison qu'une simple solution aqueuse d'acide carbonique, étant *transparente* pour les radiations en question, ne se prête pas aux expériences de décomposition. Il faut opérer en présence de substances susceptibles d'absorber et d'utiliser pour le travail chimique au moins une partie des radiations qui, dans les plantes, déterminent la décomposition de l'acide carbonique.

2° La décomposition de l'acide carbonique en oxygène et aldéhyde formique est une réaction réversible, c'est-à-dire, l'oxygène naissant et l'aldéhyde formique peuvent aisément se recombiner pour reconstituer l'acide carbonique. C'est pourquoi la décomposition de l'acide carbonique ne peut avoir lieu qu'en présence de substances susceptibles d'immobiliser au moins l'un des produits de décomposition, sinon tous les deux.

Pour réaliser la première condition, j'ai toujours opéré la décomposition de l'acide carbonique au sein d'une solution d'acétate d'urane. Les sels de ce métal, très sensibles à la lumière, absorbent une partie notable de la radiation solaire du côté violet du spectre, c'est-à-dire dans la partie qui correspond à l'un des deux maxima de décomposition de l'acide carbonique dans les plantes.

Pour réaliser la seconde condition, j'ai ajouté à la solution d'acétate d'urane différentes substances susceptibles de se combiner à l'aldéhyde formique.

Je n'entrerai pas dans le détail des expériences très nombreuses et nécessairement compliquées que j'ai instituées. Il suffira de dire que j'ai pu démontrer la formation d'aldéhyde formique dans la décomposition de l'acide carbonique en convertissant cet aldéhyde, en présence de diéthylaniline, en violet d'hexéthyle.

Quant à l'acide percarbonique, je ne suis pas arrivé à en démontrer directement la formation dans la décomposition de l'acide carbonique. Mais son existence, ou du moins, celle du peroxyde de carbonyle $O = C\langle{}^{O}_{O}$ (les deux O liés entre eux)

ne fait plus de doute depuis que Constam et von Hansen ont découvert un procédé pour préparer le percarbonate de potasse. Il est vrai qu'ils attribuent à ce sel une autre formule que celle qui correspond à l'acide CO^4H^2. Mais le percarbonate de potasse renferme incontestablement un groupe peroxyde de carbonyle et se comporte avec l'eau à la température ordinaire comme le composé CO^4H^2, c'est-à-dire, il se décompose en oxygène et acide carbonique.

Tous ces faits apportent, à l'appui de l'interprétation que je donne du mécanisme chimique de la décomposi-

tion de l'acide carbonique dans les plantes, une somme de preuves assez importante pour que cette interprétation puisse être considérée comme très plausible et probable, sinon absolument démontrée.

Dans la dernière séance de notre Société de chimie (10 février 1898), j'ai communiqué un travail qui fait faire au problème qui nous occupe un nouveau pas vers sa solution définitive. Il s'agit de la corrélation qui existe entre la réduction par l'hydrogène naissant, l'électrolyse et la photolyse de l'acide carbonique.

Etant donné que la transformation de l'acide carbonique en hydrates de carbone dans les plantes est incontestablement un phénomène de réduction, on a cherché depuis longtemps à se rendre compte de l'action réductrice de l'hydrogène naissant sur l'acide carbonique. Pour expliquer l'origine de l'hydrogène naissant dans les plantes, on a admis la décomposition de l'eau par l'électricité ou un agent analogue à l'électricité.

En ce qui concerne la réduction de l'acide carbonique par l'hydrogène naissant, on a constaté qu'elle était très difficile à opérer en solution acide, que, par contre, elle s'effectuait très facilement en solution alcaline et que l'acide formique était le seul produit de réduction.

Je me suis demandé pourquoi, une fois formé, l'acide formique ne se réduisait pas ultérieurement en aldéhyde formique sous l'action de l'hydrogène naissant en excès. La réponse n'a pas été difficile à trouver.

L'acide carbonique $O = C\langle^{OH}_{OH}$ contenant deux oxhydryle unis au carbonyle, est susceptible de former deux aldéhydes sous l'action de l'hydrogène naissant. En substituant un atome d'hydrogène à l'un des groupes

OH de l'acide carbonique, on obtient le premier aldéhyde $O = C\langle^{H}_{OH}$, qui est l'acide formique. Par la substitution d'un atome d'hydrogène à l'autre groupe, on arrive au second aldéhyde, $O = C\langle^{H}_{OH}$ l'aldéhyde formique. Il est bien évident que, pour que l'acide carbonique puisse être réduit par l'hydrogène naissant, il faut qu'il ait ses deux groupes OH intacts, c'est-à-dire, qu'il se trouve à l'état libre. Or, quand on réduit l'acide carbonique en solution alcaline, l'acide formique obtenu est neutralisé par l'alcali et donne un formiate $O = C\langle^{H}_{OH}$ sur lequel l'hydrogène naissant n'a plus de prise.

Pour obtenir une réduction normale de l'acide carbonique, il faut opérer en l'absence d'acides minéraux et aussi en l'absence de bases salifiables. J'ai réalisé ces conditions en employant comme source d'hydrogène naissant l'hydrure de palladium. Et, en effet, en faisant agir l'hydrure de palladium pendant trente jours sur une solution saturée d'acide carbonique, j'ai obtenu de l'aldéhyde formique identifié à l'état d'anhydroformaldéhydeaniline et de dérivé bromé de l'hexaméthylènetétramine.

Puisque l'hydrogène naissant dégagé par l'hydrure de palladium peut réduire l'acide carbonique en aldéhyde formique, il semble logique d'admettre que la même réduction puisse être effectuée par l'hydrogène mis en liberté lors de l'électrolyse de cet acide. Le fait que, dans cette électrolyse, il se produit de l'acide formique ne saurait être expliqué autrement, si l'on ne veut pas sortir des règles générales de l'électrolyse.

D'après ces règles, les phases dominantes de l'électrolyse sont les suivantes :

$$CO^3H^2 = CO^3 + H^2 \text{ et } CO^3 + H^2O = CO^3H^2 + O$$

Comme réactions accessoires, on aurait :

$$CO^3H^2 + H^2 = HCOOH + H^2O \text{ et } HCOOH + H^2 = CH^2O + O$$

Pour qu'une molécule d'acide carbonique puisse être réduite à l'état d'aldéhyde formique par l'hydrogène électrolytique, il faut que deux autres molécules de cet acide soient décomposées en leurs ions H^2 et CO^3. L'ensemble de ces réactions peut donc être représenté par les équations suivantes :

$$3CO^3H^2 = 2CO^3 + 2H^2O + CH^2O = 2CO^3H^2 + O^2 + CH^2O$$

Or, en partant d'un ordre d'idées tout à fait différent, j'ai montré plus haut que, sous l'action de la radiation solaire, l'acide carbonique se décompose suivant les équations :

$$3CO^3H^2 = 2CO^4H^2 + CH^2O = 2CO^3H^2 + O^2 + CH^2O$$

Le composé CO^4H^2 n'est évidemment autre chose que le groupe « $CO^3 + H^2O$ » (hydrate de peroxyde de carbonyle, acide percarbonique) de l'électrolyse. Comme lui, il doit se décomposer, aussitôt formé, en oxygène et acide carbonique. Il se trouve donc que si l'on admet la réduction électrolytique de l'acide carbonique, l'électrolyse et la photolyse de cet acide suivent exactement la même marche. L'analogie entre ces deux phénomènes va jusqu'à l'identité, soit que la radiation solaire agisse exactement comme l'électricité (en favorisant la dissociation de l'acide carbonique en ses ions), soit qu'elle se transforme en électricité.

Tous les faits que je viens d'exposer montrent à l'évidence que le mécanisme de la décomposition de l'acide carbonique dans les plantes ne sort pas du domaine des réactions chimiques connues. On a attribué pendant longtemps à la force vitale, à une action mystérieuse de la cellule vivante la décomposition de l'acide carbonique, de même qu'on a attribué à la même force vitale nombre d'autres phénomènes biologiques qu'on n'est pas parvenu à s'expliquer autrement. Cette manière de voir, plus ou moins modernisée, compte aujourd'hui encore de fervents adeptes. Mais les recherches chimiques portent à la doctrine vitaliste des coups de plus en plus décisifs, et le jour est peut-être proche où rien ne subsistera de cette doctrine, du moins dans la partie de la biologie qui relève spécialement de la chimie.

Revenons à la synthèse des matières organiques dans les plantes. Ces matières organiques se répartissent en trois classes : hydrates de carbone, — sucres et amidon, — corps gras et matières protéiques. Le carbone qui entre dans la composition de ces différentes classes de corps organiques, est incontestablement fourni par l'aldéhyde formique résultant lui-même de la réduction de l'acide carbonique. Mais nous ne savons que très peu de chose du processus qui aboutit à la synthèse des matières en question.

En ce qui concerne les sucres et notamment la glucose qui paraît être le premier terme de la série, les travaux de Boutlerow, Tollens, Lœw et Emile Fischer ont montré qu'il est très facile de transformer l'aldéhyde formique en un sucre à six atomes de carbone. Il suffit pour cela de le traiter par un agent de condensation, baryte, chaux ou

potasse. Quelle est la substance qui, dans les plantes, joue le rôle d'agent de condensation par rapport à l'aldéhyde formique ? Ne sachant rien de précis à ce sujet, on a supposé que la condensation de l'aldéhyde formique s'effectue sous l'influence du protoplasma.

Ayant constaté que l'albumine contracte avec l'aldéhyde formique une combinaison qui se dédouble de nouveau en ses composants, j'ai supposé que c'était l'albumine qui déterminait la condensation de l'aldéhyde formique en matières sucrées. Les expériences que j'ai instituées en vue d'élucider cette question, m'ont donné quelques intéressants résultats en ce qui concerne l'action de l'aldéhyde formique sur l'albumine sans confirmer d'une manière précise ma supposition. La question reste donc ouverte.

On ne sait rien non plus du processus de la transformation des matières sucrées en amidon, qui est la principale réserve carbonée des plantes. Par contre, le processus inverse, la transformation de l'amidon en matières sucrées, a fait l'objet d'innombrables recherches étant donné qu'il constitue la base de deux grandes industries : la brasserie et la distillerie. On sait que sous l'influence d'un ferment non-figuré, l'amylase, l'amidon s'hydrate en formant une série de produits d'hydratation qui aboutit à la maltose et même à la glucose. La transformation de la glucose en amidon ne peut donc s'opérer que par une série de déshydratations. En effet, en faisant agir l'acide chlorhydrique concentré sur la glucose, Emile Fischer a obtenu une matière sucrée à 12 atomes de carbone, l'isomaltose $C^{12}H^{22}O^{11}$. C'est la seule synthèse indiscutable qui ait été effectuée jusqu'à présent dans cette voie. Mais il est bien évident que les procédés de

déshydratation que nous employons dans nos laboratoires ne sauraient donner aucune idée du mécanisme de la transformation de la glucose en amidon dans les plantes.

Je me permets de dire ici quelques mots d'un travail à peine ébauché, mais qui apportera peut-être la solution du problème qui nous occupe. Certaines considérations m'ont amené à la conclusion que la déshydratation de la glucose dans les plantes ne peut être due qu'à une diastase spéciale agissant à l'inverse de l'amylase. L'existence de deux diastases à fonctions diamétralement opposées, ne serait pas sans précédent. Car on sait maintenant qu'il existe dans l'organisme vivant une ou plusieurs diastases oxydantes — les oxydases — et une diastase hydrogénante, le philothion. S'il existe une diastase hydratante elle pourrait très bien avoir pour corollaire une diastase déshydrante. Un fait caractéristique rend cette supposition très plausible. On sait que l'amylase n'agit point sur l'amidon en présence d'une solution concentrée de glucose. Supposons maintenant que les plantes renferment, à côté de l'amylase, une diastase déshydratante. Tant que, dans les feuilles, le processus de l'assimilation du carbone bat son plein, tant qu'il se forme de la glucose, celle-ci serait transformée en amidon par la diastase hypothétique. En raison de la présence d'un excès de glucose, l'amylase n'attaquera pas l'amidon déposé dans les feuilles. Mais dès que l'assimilation cesse, la quantité de glucose diminue, l'amylase retrouve son activité : elle transforme l'amidon en matières sucrées solubles qui entrent dans la circulation.

Le mécanisme du transport et du dépôt des réserves carbonées dans les plantes serait donc ainsi assuré par

le jeu de ces deux diastases, dont l'une ne commencerait à agir que lorsque l'autre deviendrait inactive.

Les expériences préliminaires que j'ai commencées dans cette voie, m'ont donné un résultat encourageant. Le travail demande encore à être approfondi.

Nous ne savons rien jusqu'à présent du mécanisme de la formation des corps gras dans les êtres vivants. Par des expériences physiologiques, on a acquis la certitude que, dans l'organisme animal, les corps gras se forment à partir des hydrates de carbone. Ainsi, si on nourrit un animal avec des hydrates de carbone en y adjoignant la quantité strictement nécessaire de matières protéiques pour assurer l'équilibre azoté, de grandes quantités de graisse se déposent dans les tissus. Dans les plantes, les corps gras se forment également à partir des hydrates de carbone. Mais il n'existe aucun fait chimique qui soit de nature à nous donner une indication quelconque sur le processus en question.

J'arrive à la troisième classe d'aliments organiques, aux matières protéiques.

La synthèse des matières protéiques dans les plantes a fait l'objet d'un grand nombre de recherches et surtout de spéculations. Je ne puis dire ici que quelques mots des principales hypothèses qui prétendent expliquer cette synthèse.

(A suivre.)

QUELQUES

EXPÉRIENCES AVEC LES COHÉREURS

PAR

Henri VEILLON

Les belles expériences de la télégraphie sans fil exécutées par M. Marconi en Italie et en Angleterre, ainsi que leur répétition et leur extension par M. Slaby en Allemagne, ont attiré d'une façon toute particulière l'attention des physiciens sur les tubes à limaille de M. Calzecchi Onesti et de M. Branly. M. Lodge a proposé pour ces tubes le nom de *cohéreurs*.

L'extrême sensibilité dont cet instrument est susceptible en a fait, depuis les travaux du savant anglais, un auxiliaire précieux pour l'étude et la démonstration des ondes électriques.

Une question dont l'importance ne se justifie pas seulement par sa portée pratique, mais qui offre un intérêt théorique très grand, est celle sur le rôle que jouent des corps conducteurs placés entre le cohéreur et l'excitateur d'où partent les oscillations.

Tel est le sujet que je me suis proposé d'étudier, sur le conseil de M. le professeur Hagenbach-Bischoff, qui a mis pour cela à ma disposition les ressources du Cabinet de Physique qu'il dirige, et qui a bien voulu m'honorer

de son appui bienveillant pendant tout le cours de ces expériences.

Dès le début, je me rendis compte que l'étude dont il s'agissait était fort compliquée et qu'elle ne pourrait se faire d'une manière complète qu'en disposant de beaucoup de temps et en variant les conditions d'expériences dans de très vastes limites. Aussi ne voudrais-je donner aux expériences suivantes que le caractère d'une simple contribution à cette étude, qui offre de grandes difficultés. Quelques-uns des résultats obtenus présenteront peut-être un intérêt en ce sens qu'ils n'auraient guère pu être prévus par telle ou telle théorie de l'induction électrique.

Une série d'expériences préliminaires avait pour but de donner au cohéreur une forme qui permît d'obtenir une grande sensibilité sans rendre sa manipulation trop délicate. Un tube en verre, long de 10 cm. et d'un diamètre intérieur de 1 cm., est fermé par deux bouchons en liège que traversent à frottement dur, suivant l'axe du tube, deux forts fils de laiton. Aux extrémités intérieures de ces fils sont soudés, normalement, deux disques en laiton d'un diamètre presque égal à celui du tube. Ces deux disques, dont l'écartement varie à volonté, délimitent à l'intérieur du tube un espace que l'on remplit à moitié d'une grossière limaille de bronze obtenue sur le tour par une fraise. Il est préférable de ne pas égaliser les grains, en les tamisant, surtout si la distance entre les disques n'est pas très faible. Or, cette distance mesurait généralement de 10 à 15 mm. Le cohéreur se plaçait horizontalement, ce qui fait que la limaille formait entre les deux disques une couche d'une certaine épaisseur. En rapprochant les disques l'un de l'autre, on augmente l'épaisseur de la couche, donc aussi les pressions

réciproques des particules métalliques, et par conséquent on élève ainsi la sensibilité à volonté.

Le cohéreur fut placé dans une caisse ou cage carrée en tôle de zinc de 1 mm. d'épaisseur, dont le couvercle et la paroi antérieure pouvaient s'enlever. Cette dernière glissait dans une rainure étroite d'au moins 2 cm. de profondeur, et le bord du couvercle retombait également de 2 cm. sur les parois de la cage. Les dimensions de la cage étaient : hauteur 26, largeur 30, profondeur 20 cm. Un tuyau de plomb la reliait à une seconde boîte en zinc, destinée à recevoir une pile et une bobine de galvanomètre. Ce tuyau abritait les fils qui allaient du cohéreur à la pile et à la bobine. A proximité de la bobine, mais en dehors de la boîte métallique qui l'enfermait, se trouvait l'équipage mobile du galvanomètre avec son amortisseur; les déviations s'observaient en projection.

L'excitateur était celui que MM. Hagenbach et Zehnder avaient employé dans leurs expériences sur les ondulations électriques[1]. Il fut placé horizontalement de manière à être parallèle à l'axe du cohéreur et à même hauteur au-dessus du sol. Nous appellerons *axe fondamental* la droite qui relie le milieu de l'excitateur à celui du cohéreur. La longueur de l'axe fondamental ne dépassant dans nos expériences jamais 15 mètres, il fut inutile de noyer l'excitateur dans de l'huile, l'influence sur le cohéreur s'accusant dans ces limites déjà pour des étincelles de $^1/_4$ de mm.

1. Tout d'abord, je fis quelques essais en plaçant le cohéreur à l'air libre, sans le renfermer dans sa cage.

[1] Hagenbach u. Zehnder. Die Natur der Funken bei den Hertzschen elektrischen Schwingungen. *Wied. Ann.*, Bd. 43, p. 610, 1891.

Avec de petits écrans métalliques de 30 à 50 cm^2 de surface, il me fut impossible de couper l'action inductrice des étincelles, à quelque distance que se trouvât le transmetteur du récepteur. Ce ne fut qu'en employant un grand écran en zinc, de 1 sur 2 m., et une longueur de l'axe fondamental d'au moins 10 m., que je pus intercepter l'action des étincelles ; et encore ceci ne fut-il possible que lorsque l'écran se trouvait placé à 3 cm. au plus de l'excitateur ou du cohéreur. Même pour ces très faibles distances, l'effet n'était pas excessivement sûr. Les expériences furent faites, comme toutes les suivantes, soit en employant des étincelles isolées, soit en faisant jouer l'interrupteur de la bobine Ruhmkorff. Les résultats furent toujours très sensiblement les mêmes dans les deux manières d'opérer.

2. Le cohéreur fut maintenant placé dans sa cage, celle-ci étant munie de son couvercle et d'une paroi antérieure pleine. Il s'agissait de voir si l'action inductrice pouvait pénétrer dans l'enceinte ainsi fermée. L'expérience démontra qu'en effet l'action traversait l'enveloppe, mais à condition que les étincelles n'éclatassent pas à une distance trop grande. En employant la machine de Holtz, ce ne fut que pour une longueur maximale de l'axe fondamental de 20 cm. qu'il y eut pénétration. Avec la bobine Ruhmkorff, on put constater une induction jusqu'à une distance de 1 m. 50 ; au delà de cette limite, le cohéreur ne « répondit » plus jamais, ce qui est important pour les expériences suivantes.

3. L'excitateur fut placé à 5 m., distance à laquelle la cage fermée protège entièrement le circuit. La paroi antérieure de la cage fut remplacée par deux demi-parois verticales, empiétant d'au moins 2 cm. l'une sur l'autre

au milieu et dans le sens de la hauteur. Les deux parties étaient serrées l'une contre l'autre aussi bien que possible. La cage fermée de cette façon n'intercepta plus du tout l'action inductrice qui eut lieu aussi sûrement que lorsqu'on enlevait complètement la paroi. Evidemment le contact forcément défectueux des deux portions de la paroi permettait à l'action de pénétrer, et en effet, lorsque l'on soudait l'une à l'autre les deux demi-parois, l'effet des étincelles sur le cohéreur disparaissait de nouveau complètement. La paroi antérieure fut ensuite remplacée par une nouvelle, également formée de deux parties, mais cette fois-ci empiétant l'une sur l'autre dans le sens de la largeur, donc parallèlement au cohéreur et à la même hauteur. Par cette disposition l'influence fut aussi sûrement interceptée qu'avec une paroi pleine. En résumant ces deux expériences nous pouvons donc dire : *Deux demi-parois verticales empiétant l'une sur l'autre laissent traverser l'action inductrice sur le cohéreur ; deux demi-parois horizontales empiétant l'une sur l'autre la coupent.*

4. La cage fut ensuite munie d'une paroi percée d'une ouverture circulaire de 10 cm. ou de 14 cm. de diamètre, dont le centre était situé sur l'axe fondamental. Le cohéreur était placé aussi près de la fenêtre que possible. L'excitateur était à des distances variant de 4 à 12 mètres. La distance explosive la plus favorable était de 3,5 mm. et elle fut conservée dans la suite, bien que le cohéreur fonctionnât parfaitement, à travers la fenêtre pour des étincelles beaucoup plus faibles. L'écran ci-dessus, de 1 m. sur 2 m. fut de nouveau interposé en le plaçant perpendiculairement à l'axe fondamental, celui-ci le traversant en son milieu. Cette fois l'écran coupa

mieux que lorsque le cohéreur était débarrassé de sa cage, mais encore ici il était indispensable de placer l'écran près des étincelles ou bien près du cohéreur. Les distances auxquelles on pouvait s'éloigner de l'une ou de l'autre des extrémités de l'axe fondamental atteignaient maintenant 20 cm. Jusqu'à 15 cm., l'action interceptrice de l'écran était absolument sûre, de là à 20 cm. elle devenait incertaine, et au delà elle cessait complètement. Dans ces expériences il était indifférent de placer verticalement le petit ou le grand côté de l'écran. En se servant d'écrans encore plus grands on arriverait certainement à supprimer l'action inductrice lorsque ceux-ci seraient situés à des distances encore plus grandes de l'étincelle ou du cohéreur. Résumant ces faits nous pouvons dire : *De petits écrans ne protègent pas, des grands protègent, mais à condition d'être placés suffisamment près de l'excitateur ou du cohéreur.*

5. L'écran fut de nouveau supprimé. La paroi antérieure de la cage était percée d'un trou circulaire, comme avant, mais auquel était adapté dans le sens de l'axe fondamental un tuyau en zinc, soudé à la paroi. L'ouverture avait dans une expérience 10, dans une autre 14 cm. de diamètre. Dans le premier cas la longueur du tube pouvait, au moyen d'une allonge, varier de 15 à 45 cm., dans le second cas de 20 à 60 cm. Munie de l'un ou de l'autre de ces tuyaux, avec ou sans allonge, la cage coupa de nouveau complètement l'action inductrice sur le cohéreur. Bien que l'ouverture du tuyau fût dirigée vers le centre de l'excitateur et qu'elle fût de même grandeur que celle mentionnée au paragraphe précédent, l'effet était le même que celui d'une paroi pleine. La suppression du tuyau faisait réapparaître immédiatement le courant dans le circuit.

La question qui se posait était de savoir si un tuyau métallique fixé dans un écran, non solidaire de la cage, et dont l'axe coïncide avec l'axe fondamental, aurait le même effet. Dans ce but, le grand écran fut percé en son milieu. Deux rainures en zinc, soudées à droite et à gauche de l'ouverture, permettaient d'introduire des diaphragmes, afin que l'ouverture fût égale à celle qui se trouvait dans la paroi de la cage. On pouvait aussi refermer l'écran par une plaque non perforée, et enfin lui adapter normalement les tuyaux en question. La distance entre le récepteur et le transmetteur fut tantôt de 5, tantôt de 10 mètres. L'écran ainsi modifié fut placé à 15 cm. de l'excitateur, de manière qu'en étant fermé il coupât absolument l'action inductrice, comme nous l'avons vu plus haut. Dès que l'on ouvrait la fenêtre de l'écran, l'action apparaissait, mais lorsqu'on adaptait l'un ou l'autre des tuyaux, l'effet sur le cohéreur se trouvait de nouveau

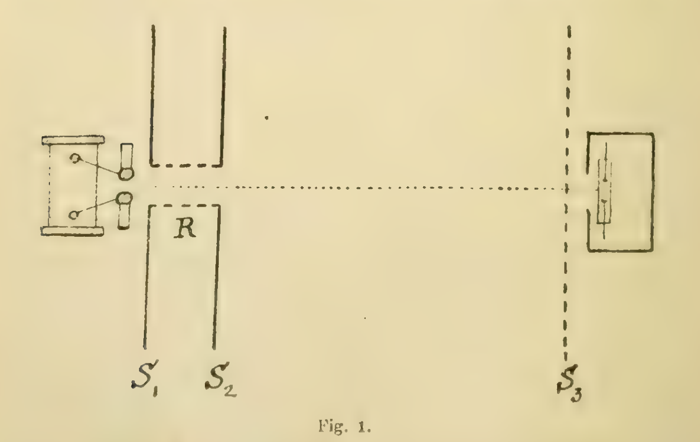


Fig. 1.

entièrement coupé, comme dans l'expérience où le tuyau était solidaire de la cage. Ce phénomène frappant pour-

rait faire supposer que le tube a pour effet de diminuer l'angle d'ouverture du cône des rayons émanant du centre de l'excitateur, et qui traversent la fenêtre de l'écran, comme cela est indiqué par la figure ci-contre, et que c'est à cela qu'est dû la cessation de l'effet inducteur. Mais l'expérience suivante va montrer qu'il ne peut en être ainsi. Parallèlement à l'écran S_1, qui vient d'être utilisé, nous en plaçâmes un second identique S_2, muni d'une ouverture de même diamètre. Les deux écrans étaient à une distance l'un de l'autre égale à la longueur de l'un ou de l'autre des tuyaux, et les deux fenêtres

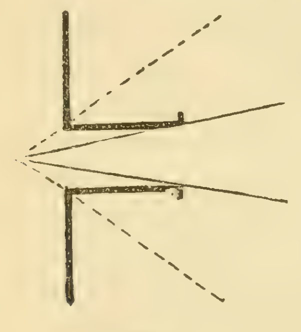


Fig. 2.

étaient de même diamètre que le tuyau que l'on se proposait d'employer. L'action traversa successivement les deux fenêtres sans encombre. Par contre, lorsqu'on intercala le tuyau R entre les deux écrans, les étincelles n'eurent plus aucun effet sur le cohéreur.

Ces expériences semblent indiquer que l'énergie de la radiation se trouve absorbée par les parois conductrices des tuyaux. Nous pouvons résumer en disant: *Une ouverture pratiquée dans un écran laisse passer l'action inductrice, un tuyau de même diamètre fixé à l'écran, et*

dirigé contre le cohéreur, l'intercepte comme si l'écran était plein.

6. Voici un autre phénomène énigmatique. On conserve la disposition précédente, avec les deux écrans, ou bien seulement avec S_1, peu importe. On adapte le tuyau R ; l'action est coupée suivant ce qui a été dit. Or, voici comment on peut faire réapparaître l'influence sur le cohéreur. Il suffit d'intercaler un nouvel écran plein S_3, que l'on place perpendiculairement à l'axe fondamental mais près de la cage, environ à 5 cm. Le courant apparaît aussitôt. Dans cette curieuse expérience les petits écrans se comportent comme les grands. Il en fut pris, avec le même succès, qui avaient les mêmes dimensions que la paroi antérieure de la cage, ou d'autres qui étaient de même grandeur que S_1 et S_2. On peut encore arriver au même résultat en plaçant l'écran S_3 horizontalement, de manière que son plan coïncide avec celui que déterminent ensemble l'axe fondamental et l'axe du cohéreur. Le courant réapparaît aussitôt. Par contre en faisant tourner maintenant l'écran de 90° autour de l'axe fondamental, de manière à le placer verticalement, il devient impuissant à contrebalancer l'effet du tuyau R. Nous pouvons donc nous résumer ainsi : *L'action inductrice, empêchée par le tuyau, réapparait aussitôt que l'on place un écran près du cohéreur normalement à l'axe fondamental; elle réapparait de même lorsque le plan de l'écran tombe dans celui que l'axe du cohéreur détermine avec l'axe fondamental ; elle ne réapparait par contre pas lorsque l'écran est vertical et que l'axe fondamental est situé dans son plan.*

7. Au lieu de se servir d'un écran en S_3 on put aussi prendre un conducteur linéaire, par exemple une tige en

laiton d'environ 1 m. de longueur. Le résultat fut le suivant, comme on pouvait s'y attendre d'après l'expérience des écrans: *L'induction interrompue par le tuyau réapparaît en plaçant parallèlement au cohéreur, et près de lui, un conducteur linéaire isolé; dans les deux autres positions principales perpendiculaires à celle-ci le conducteur linéaire ne jouit pas de cette propriété.*

Sans vouloir tenter une explication des phénomènes qui viennent d'être indiqués, et qui d'ailleurs ne pourrait être abordée qu'après des mesures fort délicates, nous nous permettrons une observation. Si l'on se place au point de vue de la théorie des ondulations électriques, qui sont sensées obéir aux mêmes lois de propagation que la lumière, quelques-unes de nos expériences pourraient présenter de sérieuses difficultés. Ainsi l'expérience avec les tuyaux et les écrans dans le paragraphe 5 semble être en contradiction avec les notions de la propagation rectiligne. Même si l'on a recours à la diffraction, ou encore à des phénomènes tels que ceux qu'observa Hertz, lorsqu'il engendrait des ondes électriques dans un fil tendu suivant l'axe d'un tuyau métallique[1], il ne nous semble pas qu'il soit très aisé de fournir une explication simple de ce qui se passe en particulier dans les dispositions de nos deux derniers numéros.

Bâle, Cabinet de Physique de l'Université. Janvier 1898.

[1] Hertz. Ueber Fortleitung elektrischer Wellen durch Drähte Werke, Bd II, p. 171.

RECHERCHES

SUR LES

PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES

DES

ACIERS AU NICKEL

PAR

Eugène DUMONT

(Suite et fin [1].)

CHAPITRE II.

ALLIAGES RÉVERSIBLES.

J'ai étudié en tout sept alliages réversibles de composition connue. Comme les propriétés diffèrent peu d'un alliage à l'autre, j'en prendrai un comme type.

1. — *Alliage 34,6 pour 100 nickel.*

L'acier 34,6 pour 100 nickel, a été étudié après recuit de trois jours. Deux fils de 54,5 cm. de long et de 0,775 mm² de section ont été ensuite placés à l'intérieur de la bobine puis chauffés jusqu'à 250°. Les champs variaient de 14 à 50 unités C G S.

Pour le champ maximum, si l'on trace la courbe des variations de la perméabilité avec la température, on remarque que la transformation commence par être assez

[1] Voir *Archives*, t. V, avril 1898, p. 331.

graduelle depuis 20°, elle s'accentue peu à peu à partir de 80° pour augmenter ensuite jusqu'au point de transformation qui est à environ 220°. C'est autour de 130° que la courbe s'infléchit le plus (diagramme I).

Pour H = 36 unités C G S, c'est entre 130 et 160 degrés que μ commence à diminuer d'une manière notable.

Pour les champs plus faibles la transformation est encore plus régulière, les diagrammes obtenus sont des droites.

Quant aux variations des valeurs de la perméabilité avec le champ, on constate que μ augmente insensiblement pour les champs compris entre 14 et 25 unités. A partir de ce champ, la perméabilité croît très rapidement pour passer par un maximum qui correspond à H = 36. Après, la diminution est graduelle avec l'augmentation du champ.

Cet acier a aussi été étudié au delà du point de la perte totale de magnétisme.

Entre 220 et 250°, je n'ai observé aucun phénomène particulier, la valeur de la perméabilité a toujours été égale à l'unité.

Le tableau suivant donne en valeur absolue la perméabilité, pour les divers champs et les diverses températures.

Températures	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	92,9	114	90,5	29,5	22	20,2
30	90,5	113,7	89,5	29	21	19,7
50	85,7	112,5	88,5	28	19	18
70	79	108,5	83	26	17	16,2
100	66,5	102,5	78,5	23,2	14	13,5
130	53	93	71	20	11	10,2
160	37,3	76,5	56	15,1	1,5	7,2
190	19,5	45,5	33	9	4	4,4
220	3	7,7	7,5	2,6	1,1	1,1

2. — *Alliage 35.2 pour 100 nickel.*

Cet acier très peu carburé est plus magnétique que le précédent. Six séries d'expériences ont été effectuées avec deux fils, la section totale étant 0,475 mm².

Les valeurs de μ diffèrent très peu de celles obtenues pour l'alliage précédent comme l'indique ce tableau.

Températ.	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	96	119	96	31,2	23	21
30	94,2	118,5	95	30,9	22,2	20,2
50	89,5	117,5	93,5	29,4	20	19
70	83	115	89	27,2	18,2	17,1
100	72	108	81	24,5	15,2	14,4
130	56	99	75,5	21	13	11,5
160	40,2	82,5	61	16,2	8,2	8,1
190	23,5	53	37	10,4	5	5
220	6	15,5	9	3,6	1,5	1,3

3. — *Alliage 35,5 pour 100 nickel.*

Deux fils de cet alliage de section totale 0,85 mm², ont été étudiés jusqu'à 250°, température de la perte totale de magnétisme. J'ai pu constater que cet acier se transformait très graduellement pour les différents champs et que le maximum pour H = 36, se trouve de nouveau pour cet alliage.

Températ.	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	115,5	145	130,5	41	29,7	23,8
30	111,5	144,5	130	40,5	28,5	23
50	109,5	143,5	129	39,5	26,5	21,2
70	103,8	140,5	126	37	24,5	19,5
100	93,7	136	119,5	33	21	16,8
130	82	125,5	111,5	29	17,5	14,5
160	66	107,5	95,5	24	13,5	11,4
190	46,5	81	64,5	18,5	10	8
220	26,5	46	42	11,3	6	4,8
250	6,5	6	8	3,5	2	1,5

4. — *Alliage 39,4 pour 100 nickel.*

Les alliages 39,4 et 44 pour 100 nickel ont été étudiés d'abord non recuits, puis recuits.

Pour le 39,4, deux fils de section totale 0,395 mm² ont été placés non recuits dans l'anneau. La perméabilité a été déterminée aux températures comprises entre 20° et 250° et pour les champs de 14 à 50 unités CGS. Les valeurs de μ ont été trouvées constantes pour un même champ entre 20° et 250°. Pour les variations avec le champ, on constate le même maximum observé pour H = 36.

L'alliage qui non recuit est relativement peu magnétique, le devient fortement lorsqu'il est recuit avec soin. Ses propriétés sont analogues à celles des aciers précédents, du moins jusqu'à 250°, et il est à prévoir qu'aux températures plus élevées, l'alliage se comporte comme l'acier 35,4. Dans le diagramme I, la partie en pointillé nous indique les points non observés.

Alliage recuit.

Températ.	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	129	151	140	42	31	24
30	128	150,8	138,8	41,5	30	23,4
50	125,7	149,5	137	41	28	21,6
70	120,5	147	135	39	24,5	20
100	112	139	130	35	23	17,2
130	102	132	122	31	19,5	15
160	89,2	117	108,5	26.5	15,8	12
190	74	97	89	22	12,8	5
220	56	68	66	16,5	8,8	3
250	36	—	—	—	—	—

Alliage non recuit.

20-250	94,2	95,8	43	19,2	10,6	9,6

5. — *Alliage 44 pour 100 nickel.*

Il a été étudié d'abord non recuit et s'est comporté comme le précédent.

Cinq séries d'expériences ont été faites, avec des recuits variables. Trois avec l'alliage recuit dans la magnésie. Une avec le métal recuit simplement une demi-heure, puis refroidi dans les cendres de bois. Les résultats obtenus diffèrent au plus de 1 pour 100, de ceux avec l'alliage recuit soigneusement. La cinquième série a été effectuée avec l'acier recuit pendant 5 minutes et refroidi à l'air libre. J'ai constaté une divergence d'environ 2 à 3 pour 100 sur les mesures faites dans les meilleures conditions. Les diagrammes obtenus avec l'acier recuit soigneusement, prouvent qu'il se transforme graduellement. La partie en pointillé indique également les points non observés.

Alliage recuit.

Températures	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	141	159	148	44	33	24,9
30	140,9	158,5	147,5	43,7	32	24
50	138,5	156	146,5	42,2	30,2	23
70	135	154,5	145	40,8	28,6	20,5
100	126,3	149	142,5	37	25,5	17,5
130	116	141	137	33,5	22,7	15,9
160	104	129	128	30	19,6	13
190	92,5	113,5	113	25,8	16	6
220	78	93,5	89	21	12,8	4
250	61					

Alliage non recuit.

20 - 250°	108,5	109,9	55,4	23,1	18,6	15

6. — *Alliage 30,4 pour 100 nickel.*

L'alliage est très peu magnétique, les deux fils, de

section 0,77 mm², ont été chauffés jusqu'à 250°. Aucun phénomène particulier, n'a été observé aux températures supérieures à celle correspondant à la perte totale de magnétisme (110°).

Les phénomènes ont été étudiés en détail dans le voisinage du point de transformation, ce que je ne pouvais pas faire aussi aisément pour les autres alliages; le point de transformation étant élevé. Tandis que les autres aciers ont à la température ordinaire et pour le champ maximum une perméabilité voisine de 100, ce ferro-nickel, n'a pour μ qu'une valeur égale à 40.

La transformation avec la température est cette fois très sensible à partir de 30 à 40°. Dès ce moment, elle est graduelle jusqu'au point de la perte totale du magnétisme.

Températures	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	41	52	41	12	6,2	5,1
30	39	48	40,5	10,9	5,8	5
50	31,5	36	35,5	8	5	4,1
70	20,5	29	27	5,5	4	3,3
100	4	8	4	1,7	1,7	1,5

7. — *Alliage 27,9 pour 100 nickel.*

Le dernier alliage franchement réversible que j'ai étudié est le 27,9 pour 100 nickel. C'est le moins magnétique que j'aie eu et c'est celui dont l'étude offre les plus sérieuses difficultés. Celles-ci proviennent tout d'abord des faibles déviations dues au flux d'induction, pour le champ maximum, seulement 8 divisions de l'échelle, pour les champs très faibles 2. Avec de semblables élongations, les causes d'erreurs sont faciles, aussi

les valeurs de μ ne sont qu'approximatives, de plus, la section était de 0,283 mm².

Ce qui m'importait principalement c'était de déterminer les valeurs de la perméabilité pour le champ 50. A la température du laboratoire, 20° environ, cet acier est très peu magnétique, comme l'ont montré dix séries d'expériences.

J'ai chauffé doucement aux températures de 30 à 35°, l'alliage était encore magnétique. Le chauffage a été poussé à 42°, température à laquelle l'acier n'était plus magnétique.

Cet échantillon a également été porté à basse température. Dans un mélange de glace et de sel (— 18° environ), les résultats obtenus montrent que la perméabilité augmente quand la température s'abaisse.

Températures	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	8,5	8	7,5	6	4	4
30	5,5	7	5	4	3	3
— 18°	39	75	62	17,1	9,5	7,8

8. — *Alliage 26 pour 100 nickel.*

A 20° cet alliage n'a pas donné trace de magnétisme. Etudié jusqu'à 250°, la perméabilité n'a pas cessé d'être égale à l'unité.

Tout l'appareil a été ensuite mis à — 18°, et abandonné à cette température pendant cinq heures. Etudié ensuite, l'alliage n'a pas donné trace de magnétisme. Pour le rendre magnétique, il eut fallut le refroidir beaucoup plus, dans ces conditions M. Guillaume l'a trouvé assez fortement aimantable.

Le 26 est donc un alliage réversible, qui offre quelques traces d'irréversibilité.

CHAPITRE III.

ALLIAGES IRRÉVERSIBLES.

D'après les travaux de M. Ch.-Ed. Guillaume, on sait que les alliages à faible teneur en nickel sont très fortement magnétiques, qu'ils perdent leur magnétisme d'une manière très graduelle et que leur transformation définitive s'opère entre le rouge sombre et le rouge cerise. Ils le reprennent à une température d'autant plus basse qu'ils contiennent plus de nickel.

9. — *Alliage 5 pour 100 nickel.*

L'alliage cinq pour 100 a été pris sous forme de deux fils recuits de section totale 0,831 mm^2. Six séries d'expériences ont démontré que cet alliage ressemble beaucoup aux aciers ordinaires. Entre 20° et 160°, pour tous les champs dont j'ai fait usage, l'alliage perd très peu son magnétisme; ce n'est qu'à partir de 180° environ que les variations commencent à se faire sentir. Si l'on examine la courbe des variations de μ en fonction de la température, (diagramme I ligne pointillée) on constate aisément que ce n'est qu'à partir de 180° que la courbe commence à s'incurver. Poloni[1] a déjà cité cette inflexion à 180°, pour les aciers ordinaires, ce qui prouve l'analogie énoncée plus haut. Le maximum de μ pour le champ 36 observé pour les alliages réversibles a également été constaté pour cet irréversible, il est toutefois moins accentué.

[1] Poloni. Atti dei Lincei, n° 13, p. 262-254.

Températ.	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	116	120,5	43,2	29	20	18,9
30	115,3	120,4	43.1	28,9	19,7	18,5
50	114,3	120	43	28	19,2	18
70	113,7	119	42,7	27.2	18,8	17,5
100	112,5	118	42,5	26,6	18	16,8
130	111.5	117	42.1	26	17,5	15,6
160	110,5	116	42	25,2	16,7	15,7
190	108,5	115	41,7	24.8	15,6	13,9
220	105	114	41,5	24	15	13

10. — *Alliage 24 pour 100 nickel.*

Les mêmes propriétés observées par M. Hopkinson pour l'alliage 25 pour 100, ont été retrouvées pour le 24 pour 100.

Deux fils de 1,082 mm² de section totale, ont été mis dans l'appareil à la température de 20°. L'alliage recuit avec toutes les précautions possibles, n'a pas donné trace de magnétisme. Il en a été de même pour toutes les températures comprises entre 20° et 250°. L'alliage a été ensuite porté dans la glace fondante, puis dans de l'alcool, plongeant dans un mélange de glace et de sel pilés — 18°. Etudié à la température ordinaire il n'a pas repris trace de magnétisme.

J'ai poussé l'expérience plus loin, l'alcool dans lequel était l'alliage, a été refroidi peu à peu au moyen de neige carbonique. J'ai obtenu toutes les températures comprises entre — 20° et — 78°. L'alliage après avoir stationné pendant quelques heures à ces différentes températures a été remis dans l'appareil à 20° et étudié dans ces conditions. Après quatre séries d'expériences, je suis arrivé à déterminer assez exactement le point où cet alliage redevenait magnétique, il est compris entre — 22°

et — 25°. A cette température l'alliage est déjà assez fortement magnétique, il le devient davantage quand on abaisse la température. Si l'on étudie ensuite cet acier entre 20° et 250°, il ne perd pas trace de magnétisme. D'après Hopkinson, l'alliage 25 pour 100 nickel, conserve son magnétisme jusqu'à 580-600°. Les expériences très grossières effectuées avec le 24, m'ont prouvé que cet acier devait perdre son magnétisme aux environs de 600°.

On pourrait se demander si le temps pendant lequel l'alliage est refroidi a une influence sur ses propriétés magnétiques. Quelques expériences faites avec l'acier refroidi pendant quelques secondes seulement, m'ont donné des résultats qui concordent parfaitement avec ceux obtenus pour l'alliage refroidi pendant quelques heures.

Enfin, le 24 pour 100 recuit, a aussi été porté dans l'appareil refroidi à — 18° dans un mélange de glace et de sel pilés, aucune trace de magnétisme n'a pu être décelée à cette température.

Quant aux variations de la perméabilité avec le champ, on n'observe plus de maximum pour H = 36, la courbe de μ en fonction de H, nous montre que les propriétés magnétiques, pour cet alliage, augmentent graduellement avec le champ.

Températures	H=50	H=36	H=29	H=25	H=21	H=14
— 45°	13,3	9,8	7,1	7	7,4	4,9
— 78	17,3	12	9	9,3	8,8	6,8

CHAPITRE IV.

11. — ALLIAGES CHROMÉS.

Outre les alliages contenant du nickel, j'ai étudié deux alliages chromés.

Alliage chromé à 22 pour 100 nickel[1].

Cet acier étudié dans les mêmes conditions que pour le 24 pour 100 de nickel, n'a jamais donné trace de magnétisme. M. Guillaume a porté cet alliage dans l'air liquide et a également constaté qu'il ne devenait pas magnétique.

Alliage chromé à 35,7 pour 100 nickel.

Cinq séries d'expériences, comprenant chacune 6 à 7 déterminations, avec deux fils de 0,501 mm² de section totale, m'ont prouvé que cet alliage était magnétique à la température ordinaire.

Cet acier chromé rentre dans la catégorie des réversibles et offre ceci de particulier, c'est que le point de transformation est inférieur à celui que l'on déduit de la formule calculée par M. Guillaume, relation que j'ai trouvée exacte pour tous les alliages contenant plus de 27 pour 100 nickel. Le point de la perte totale de magnétisme est à 210° pour l'alliage chromé, un acier à teneur égale en nickel aurait son point de transformation définitive à 235° environ.

Si l'on jette un coup d'œil rapide sur les variations de la perméabilité avec la température, on constate que l'acier 35,7 Ni Cr a une perméabilité supérieure au 35,2 pour 100 nickel pour le champ 50. La courbe de variations de μ avec la température nous montre que pour $H = 50$, la courbe est parallèle à celle des alliages à

[1] Cet alliage contenant environ 3 pour 100 de chrome a été introduit dans l'industrie par la Société Commentry-Fourchambault. Il est connu sous la désignation NC4.

teneur presque égale en nickel. A partir de 170°, cette courbe tombe plus rapidement sur l'axe des températures en coupant, celles des alliages à teneur inférieure en nickel.

Le maximum observé pour H = 36, se produit pour cet alliage. Pour ce champ, la courbe reste plus longtemps parallèle à celles des ferro-nickels de teneur presque égale, elle ne coupe les autres courbes qu'aux températures comprises entre 190° et 200°.

Pour les champs, 29, 25 et 21 unités CGS, les diagrammes ressemblent à ceux obtenus pour le champ maximum. La perméabilité de l'alliage chromé pour le champ magnétisant 14, a une valeur plus faible que pour les alliages à teneur en nickel seulement. La transformation dans ces conditions se fait bien graduellement.

Alliage 35,7 Ni Cr.

Températ.	H = 50	H = 36	H = 29	H = 25	H = 21	H = 14
20°	102	122,9	97,5	32	23,8	13
30	99,5	122	97	31,5	23,6	12,6
50	94,5	121	95	30	21	11,8
70	88,	119	92	28,3	18,8	10,6
100	76,5	112,5	86	25,5	15	9
130	63,7	103	78,5	21,5	11	7
160	44,5	88	59	16,2	7,1	4.8
190	20	55	25	8.2	2,2	2.5

CHAPITRE V.

HYSTÉRÉSIS.

Par la même méthode d'induction, j'ai entrepris de déterminer les courbes d'hystérésis de quelques alliages. Quatre aciers ont été étudiés, ce sont les 30,4, 34,6. 35,2 et 35,5 pour 100 nickel.

Les alliages ont été recuits avec beaucoup de soin et pris sous la forme de fils de section connue.

Comme je n'ai fait qu'une étude peu détaillée de ce phénomène, je me suis borné à déterminer simplement l'allure des courbes. Ce qui m'importait principalement c'était de trouver la position des courbes d'hystérésis pour les différents cycles de transformation.

J'opérais comme je l'ai indiqué dans la description de la méthode. Je déterminais tout d'abord les points compris entre le maximum positif et le zéro, puis les points situés entre le zéro et le maximum négatif, j'avais ainsi la première partie de la courbe, la seconde était obtenue symétriquement.

A chaque alliage j'ai fait parcourir cinq ou six cycles, en commençant par le cycle à plus grande valeur limite et terminant par des cycles décrits entre des limites si étroites que les effets d'hystérésis disparaissaient presque entièrement. Les différents cycles obtenus avec les alliages recuits se rapprochent considérablement des cycles obtenus pour le fer doux. Je ne les reproduirai pas ici, n'ayant pas fait un nombre d'expériences assez grand pour être certain de la valeur absolue des résultats. Je me bornerai simplement à conclure, qu'à l'inspection des figures, j'ai remarqué une particularité de la relation entre les cycles successifs, déjà indiqué par Ewing[1] dans son travail en collaboration avec Mlle Klaassen. L'extrémité de chaque cycle, se trouve en dedans de la courbe ascendante du cycle immédiatement supérieur.

[1] Ewing. *Loc. cit.*

CHAPITRE VI.

CONCLUSIONS.

Variations de μ avec la température. En jetant un coup d'œil sur les courbes des variations de la perméabilité avec la température, on voit aisément qu'elles ont toutes la même allure pour les différents alliages réversibles.

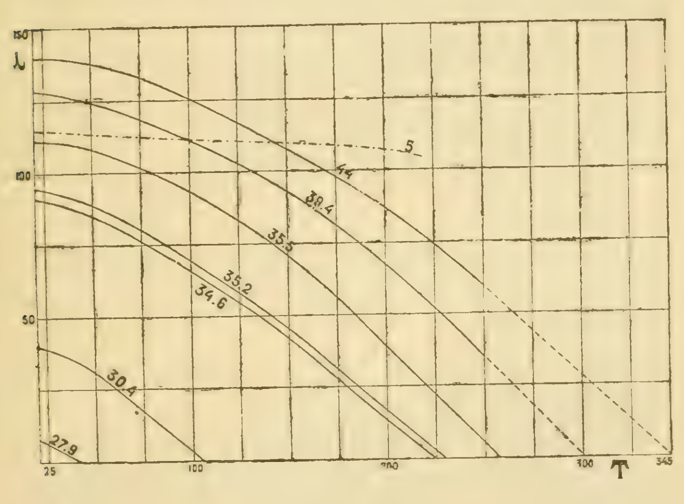


Fig. 1.

Pour les champs magnétisants compris entre 50 et 25 unités, les alliages se transforment graduellement. Ils perdent leur magnétisme avec beaucoup plus de régularité pour les champs les plus faibles dont j'ai fait usage. Le diagramme I, nous donne les variations de μ avec la température, pour le champ maximum, toutes les courbes sont parallèles. De plus, en comparant les diverses valeurs de la perméabilité, on peut tirer, une relation simple

qui établit une sorte de correspondance entre tous les alliages réversibles :

PREMIÈRE LOI. *A égale distance du point de transformation, tous les alliages réversibles, ont même perméabilité magnétique.*

Pour les irréversibles j'ai pu constater que le 5 pour 100 nickel, se transforme très lentement jusqu'à 180° environ. A partir de cette température la transformation s'accentue davantage. Pour le 24 pour 100 nickel, je suis arrivé à déterminer le point où cet alliage reprend son magnétisme, la température est d'environ — 25°. De plus, j'ai trouvé que plus on le refroidissait, plus il devenait magnétique.

Tout ce que je viens de dire s'applique aux alliages recuits. Pour les alliages non recuits on peut tirer la conclusion suivante :

« La perméabilité des alliages réversibles non recuits reste constante de 20° à 250°. »

La Société Commentry-Fourchambault a utilisé la première, la propriété du chrome d'abaisser le point de transformation de l'alliage 22 pour 100 de nickel. M. Guillaume a montré que cette propriété du chrome est commune à tous les alliages irréversibles. Mes expériences m'ont conduit à conclure qu'il en est de même pour les alliages réversibles. Cette action du chrome semble donc tout à fait générale.

Variations de μ avec le champ. Le diagramme II nous donne une idée des variations de la perméabilité avec le champ. Pour tous les alliages réversibles les constantes

magnétiques se comportent de la même manière avec le champ.

On peut remarquer que μ augmente insensiblement jusqu'au champ 25, puis croît rapidement, pour atteindre

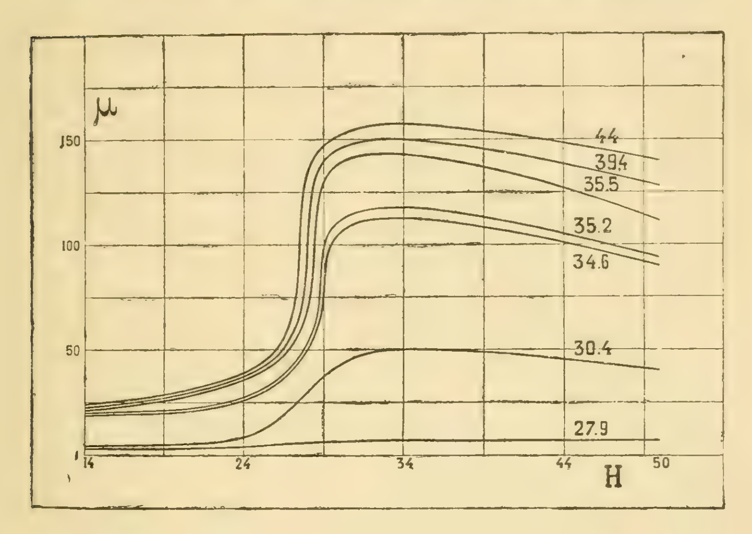


Fig. 2.

son maximum pour H = 36, il décroît ensuite très insensiblement.

Toutes les courbes sont parallèles, ce qui est une confirmation de la loi déjà énoncée.

Pour les irréversibles le maximum observé est moins prononcé, les variations avec le champ sont plus graduelles que pour les réversibles.

L'alliage chromé, se comporte de la même manière que les ferro-nickels réversibles.

Variations de μ avec la teneur en nickel. Cette étude comparative, n'a de l'importance que pour les alliages réversibles. Dans ce but j'ai tracé dans le diagramme III,

les courbes des variations de la perméabilité avec la teneur en nickel. Les points pris pour tracer ces courbes, ainsi que pour celles des variations de la perméabilité avec le champ, résultent de l'extrapolation des points obtenus pour la courbe des températures.

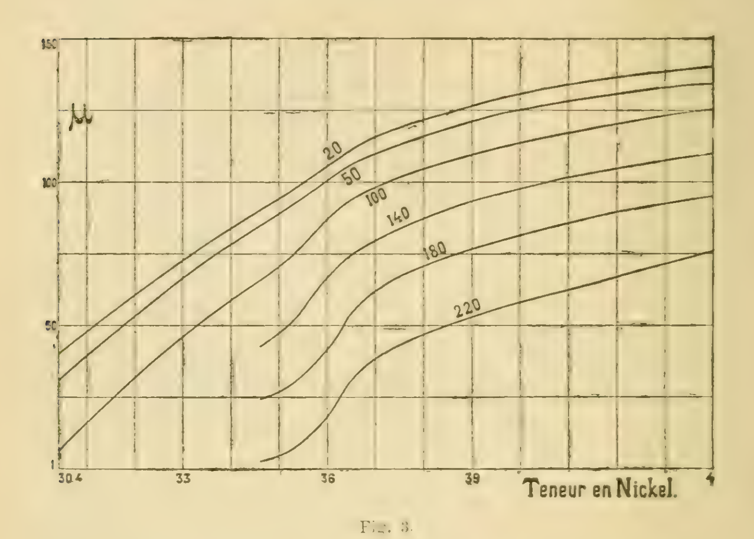


Fig. 3.

De l'inspection directe des courbes contenues dans le diagramme III et de la formule des points de transformation donnée par M. Guillaume, il résulte la relation suivante, qui ne s'applique qu'aux alliages réversibles :

Deuxième Loi. *La perméabilité magnétique augmente avec la teneur en nickel.*

Cette loi est rigoureusement exacte pour tous les champs dont j'ai fait usage et pour des teneurs comprises entre 27,9 et 44 pour 100.

Pour le champ 50, la perméabilité augmente assez graduellement jusqu'à 35,5 pour 100 nickel, puis l'accroissement est plus lent de 35,5 à 44 pour 100. Les courbes comprises dans le diagramme III, confirment le fait déjà énoncé : « Tous les réversibles perdent très graduellement leur magnétisme. »

Laboratoire de Physique de l'Université
de Genève 1897-1898.

L'AUTOMOBILISME ET LA FORCE MOTRICE

LE MOTEUR AIR-EAU

PAR

Raoul PICTET

(Suite[1].)

Chapitre III.

L'air sec envisagé comme un potentiel d'énergie.

Lorsque l'eau tombant des montagnes vient frapper les palettes de la roue d'un moulin, le meunier reçoit directement le résultat de la condensation de la vapeur d'eau des nuages.

Le soleil évapore l'eau sur les mers, les montagnes et les nuages condensent dans les hautes régions de l'atmosphère ces vapeurs formées sous l'influence solaire.

Le meunier prélève en kilogrammètres sur sa roue la conclusion du cycle par le retour de l'eau dans la mer d'où elle s'évapore de nouveau. A ce titre là, on peut considérer le moulin comme un moteur perpétuel, puisqu'il puise dans la nature une quantité indéfinie de travail sans lui fournir aucune compensation. Le cycle est fermé par les forces naturelles. De même le moulin à vent prélève sur l'air qui marche une quantité

[1] Voir *Archives*, t. V, avril 1898, p. 350.

d'énergie fournie par les forces naturelles encore mal définies qui sont l'origine du vent. Le cycle est encore fermé en dehors du moulin à vent, et sans aucune dépense pour celui-ci.

Une étude rationnelle du problème envisagé dans les chapitres précédents nous a amené à considérer l'air sec comme une source d'énergie, au même degré que l'eau des machines et l'air frappant les ailes du moulin.

Cette donnée est le point de départ du nouveau moteur que nous décrirons plus loin.

Il est nécessaire d'observer pas à pas l'influence de l'air sec dans une machine pour démontrer que, vu la possibilité d'avoir toujours de l'air à discrétion, on peut, par un mélange d'air et d'eau, constituer une force motrice donnant la solution du problème envisagé.

Nous pourrons plus aisément établir les conditions nécessaires à notre démonstration en supposant que nous sommes dans un pays relativement chaud, sur les bords du Nil, par exemple. L'air est parfaitement sec, et l'on peut obtenir, en faisant courir de l'eau sur les sables du désert, à l'abri de l'évaporation, une masse d'eau indéfinie à une température variant entre 50 et 60 degrés. Le mélange de l'air sec et de cette eau sera directement l'occasion de la production d'une certaine force motrice.

Prenons en effet une machine à vapeur ordinaire de dimension quelconque ; laissons entrer dans le cylindre, pendant que le volant chemine à la main, une certaine quantité d'air sec prise dans l'atmosphère ambiante. Lorsque le cylindre sera aux trois quarts rempli d'air sec à la température ambiante (que nous pourrons supposer être de 50 degrés si on a soin de plonger le cylindre dans

une masse d'eau infiniment grande chauffée par le soleil) — nous laissons entrer dans le cylindre une certaine quantité d'eau à 50 degrés qui va immédiatement s'évaporer et ajouter la tension de sa vapeur à celle de l'air sec. L'air sec est sous la pression atmosphérique.

L'eau donnera une tension de 91 mm. de mercure, soit un douzième d'atmosphère de pression absolue, tension qui s'ajoutera immédiatemment à la pression atmosphérique de l'air.

Le volant va donc être poussé par une pression qui sera spontanément produite dans le cylindre par le mélange de l'eau et de l'air sec. Le volant accumulera ainsi le travail produit par le mélange des deux corps, par l'évaporation de l'eau maintenue à une température constante, grâce à l'action des parois du cylindre. Le piston détendra ce mélange jusqu'à la terminaison de sa course, calculée de telle sorte que la pression finale soit égale à la pression atmosphérique. Le volant, sous la vitesse acquise, fera échapper à la pression atmosphérique le mélange d'air et de vapeur d'eau, soit l'air humide. Ce volant aura ainsi accumulé dans sa propre masse une force vive due à la pression née spontanément du mélange d'eau et d'air sec. L'air humide échappant au dehors ira se faire sécher dans les hautes régions de l'atmosphère, l'eau retombera en pluie et l'air sec redescendra sur le sable du désert. Les forces naturelles se chargent également ici de fermer le cycle et de satisfaire aux dépenses.

Cet exemple montre que la fourniture indéfinie d'air sec et d'eau constitue par le mélange une source d'énergie mécanique qui permet d'obtenir la force motrice par une machine à vapeur fonctionnant à une seule température, échappant à la pression atmosphérique et donnant

cependant, comme le moulin à eau et le moulin à vent un rendement supérieur à celui des machines thermiques fonctionnant sur le second principe mécaniqne de la chaleur.

Avant d'aller plus loin, il faut examiner les différents phénomènes qui interviennent dans le cas sus-indiqué.

La vapeur d'eau n'agit que sous une pression de 91 millimètres, représentant la tension de la vapeur d'eau à une température de 50°. Si la vapeur devait agir sous cette faible pression et être éliminée à la pression atmosphérique, le problème serait donc insoluble, car alors la machine marcherait à contre-pression. Mais le mélange d'air et de vapeur d'eau permet à la vapeur de produire son travail effectif alors qu'elle est à une température très inférieure à 100°. C'est là le point capital que nous voulions établir.

Il est du reste élémentaire en physique, et il est étrange que jusqu'à présent on ne se soit pas douté de ce potentiel important qui résulte du mélange de l'air et de la vapeur d'eau et qui permet de sortir des quantités de travail considérables bien que la vapeur d'eau se trouve au-dessous du point d'ébullition à la pression atmosphérique.

Si nous voulions appliquer à cet exemple le second principe mécanique de la chaleur, nous serions embarassé de fixer la limite du travail de cette machine. En effet l'air sec à 50° ne coûte rien ; le travail pour admettre cet air sec dans le cylindre sous la pression atmosphérique ne coûte rien ; l'introduction de l'eau dans l'air sec ne coûte rien ; le mélange d'air et d'eau et la vaporisation de l'eau ne coûte rien. La détente du mélange des gaz, dont la pression est spontanément montée à une valeur variable suivant la température à laquelle le mélange

s'est produit, donne une force motrice alors qu'aucune variation de température n'est mesurable pendant toute la durée du phénomène. Nous pouvons admettre que cette détente déterminant cette force active est d'un caractère absolument isothermique. De même que les précédents phénomènes, l'évacuation de l'air humide sous la pression atmosphérique ne coûte rien.

Voilà le cycle fermé ; tout s'est passé à la même température ; nous n'avons pu constater aucune différence thermique à aucun moment quelconque du cycle.

Eh bien ! d'après le second principe mécanique de la chaleur, tout se passant à la même température, le travail extérieur doit être nul.

Or, nous savons déjà qu'il ne l'est pas. Nous avons donc directement, par l'air sec et l'eau, transformé en force vive actuellement réalisable une partie du potentiel caché dans l'air et dans l'eau : le mélange a permis à ce potentiel d'apparaître. Ici encore, bien que la machine semble marcher en contradiction avec le second principe mécanique de la chaleur, il n'en est point ainsi ; en effet le cycle se ferme en dehors de la machine sous l'influence des forces naturelles.

En réalité, l'examen attentif de ce cycle — notre exemple — montre que le soleil a été la cause directe de tous les phénomènes, mais que d'une part les montagnes ont agi comme une température basse en séchant l'air, et que le soleil a agi d'autre part comme une source de chaleur à température élevée en évaporant l'eau.

Pour sécher l'air, il a fallu évidemment le refroidir à une température suffisante pour que l'eau s'y condense sous la pression maxima des vapeurs d'eau correspondant à l'état hygrométrique de l'air près du Nil (on se sou-

vient que nous avons choisi cette région pour y édifier notre exemple). La température basse a été produite par les glaciers et les hautes régions de l'atmosphère. Ce sont les espaces interplanétaires qui ont absorbé cette chaleur pour le rayonnement des hautes régions.

Le cycle n'a donc rien d'anormal. Il ne renverse aucune loi physique quelconque. Il prouve seulement jusqu'à l'évidence que par le mélange de l'eau et de l'air sec on parvient à recueillir une certaine quantité d'énergie prélevée sur les forces naturelles.

Ce problème nous démontre qu'un mélange d'air et d'eau peut donner des vapeurs qui travaillent sous des pressions variables à des températures relativement basses, très inférieures à 100°, et qui échappent tout de même à la pression atmosphérique.

Ce problème est utile, car il nous met tout de suite sur la voie du moteur cherché et nous indique d'une façon péremptoire que pour arriver à la solution désirée, il faut mélanger l'air à l'eau, faire évaporer l'eau dans l'air. Par ce fait, on pourra faire échapper le mélange d'air et de vapeur d'eau à la pression atmosphérique, sans que ce facteur constant impose comme température pour l'eau cette température de 100° qui avait été considérée jusqu'ici comme obligatoire.

Nous ne regardons nullement ce moteur tel que nous venons de le décrire comme ayant une valeur industrielle quelconque, mais nous l'avons choisi comme éminement propre à faire comprendre ce qui nous reste à dire, puisque le moteur dont nous aborderons la description dans la suite, bien qu'infiniment plus complexe, est basé sur les mêmes principes.

(*A suivre.*)

SUR LES PHÉNOMÈNES
D'INJECTION ET DE MÉTAMORPHISME
EXERCÉS PAR LA
Protogine et les roches granitiques en général[1]

PAR

L. DUPARC et L. MRAZEC.

Résumé des faits observés.

Les études que nous avons poursuivies depuis plusieurs années sur les roches éruptives et cristallines du Mont-Blanc seraient nécessairement incomplètes, si nous omettions d'y joindre les idées théoriques qu'elles nous suggèrent, idées que nous avons déjà développées en partie dans nos ouvrages antérieurs. Pour cela, il faut tout d'abord résumer sommairement les faits observés et

[1] Le présent travail est un chapitre détaché de la monographie que nous publions en ce moment sur le Massif du Mont-Blanc. Nous avons pensé qu'il était intéressant de résumer en quelques pages les idées que nous ont suggérées nos recherches sur les phénomènes d'injection magmatique et de métamorphisme, dont nous avons à maintes reprises déjà parlé dans nos travaux antérieurs. Pour les détails nous renverrons le lecteur à ces derniers, ainsi qu'à notre monographie qui paraîtra en juin ou juillet de cette année dans les *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle deGenève.*

ceci indépendamment de toute idée théorique; nous les examinerons objectivement et ensuite tâcherons de les interpréter, tout en donnant aussi les autres manières de voir professées sur la matière.

Il a été tout d'abord définitivement établi que la protogine est une roche éruptive granitique, fait qui ressort aussi bien de sa structure cristalline, que de sa manière de se comporter vis-à-vis des roches qu'elle traverse où avec lesquelles elle entre en contact. Quiconque d'ailleurs a vu de la partie supérieure du glacier de Miage l'arête du Mont-Brouillard, ne peut conserver aucun doute à cet égard. Mais nous avons montré que ce granit est loin de présenter un aspect uniforme et qu'à proprement parler il n'existe pas de roche qui mérite le nom spécial de protogine.

Nous avons été amenés à classer les variétés rencontrées dans trois types qui n'ont rien d'absolu, mais qui sont commodes : le type granitique, le type pegmatoïde, et le type gneissique. Ceux-ci ne sont point distribués au hasard, mais ils alternent souvent plusieurs fois d'une manière régulière sur une série de profils transversaux. Ces alternances ne sont pas des accidents locaux, mais peuvent souvent se poursuivre sur de grandes distances ; témoin la bande gneissique ou schisteuse qui, de la Fenêtre de Saleinaz, se continue par le Col du Chardonnet, les Droites, l'Aiguille du Moine et la Dent du Requin.

Nous avons montré également que dans le granit luimême et jalonnant souvent les alternances dont il vient d'être question, on rencontre des bancs schisteux plus ou moins puissants qui, par leur aspect, leur composition minéralogique et leur constitution chimique, sont absolu-

ment distincts de la protogine; mais qui, par contre, présentent parfois une analogie frappante avec certaines roches cristallines qui flanquent le massif granitique. Ces bancs rocheux sont cependant rarement séparés d'une manière brusque du granit encaissant; ils y passent au contraire bien plus par des variétés plus ou moins gneissiques ou pegmatoïdes. Il est alors à remarquer dans ce cas que le granit renferme quelquefois certains minéraux exceptionnels rencontrés seulement dans les roches qui forment les bancs en question, ou bien encore dans certains schistes du manteau cristallin ; mais qui en temps normal sont absolument étrangers à la protogine. Ainsi nous avons signalé dans les bancs enclavés de l'Aiguille du Tacul comme aussi dans les éclogites, ou dans certains schistes du massif de Trient, des grains de magnétite entourés d'une auréole de sphène. Ceux-ci ne se rencontrent qu'exceptionnellement dans la protogine et seulement lorsqu'elle est voisine des dites roches.

Les enclaves fragmentaires ont également une signification particulière. Nous avons vu en effet que leur abondance ainsi que leur degré de transformation sont intimement liés au facies de la protogine dans laquelle on les trouve. Rares et métamorphosées dans les types très granitiques, elles sont par contre abondantes et peu altérées dans les types pegmatoïdes ou schisteux qui en sont parfois criblés.

Enfin nous avons vu que la protogine lance dans les schistes des apophyses innombrables, et que dans leur voisinage les roches cristallines paraissent modifiées. Elles deviennent alors plus feldspathiques ou plus quartzeuses.

Toutes les transitions sont observables entre les schistes

et les apophyses, les alternances dans la formation cristalline sont des plus variées, souvent locales, et il y a fréquemment reproduction des mêmes types pétrographiques. Enfin dans la zone voisine du contact, nous avons montré que ces apophyses s'exagèrent, et que l'aspect des schistes cristallins est plus uniforme et essentiellement gneissique.

Opinion de l'école dynamométamorphique.

On sait que les énergiques phénomènes de compression qui se sont développés durant la formation de la chaîne alpine ont bien souvent produit dans les roches qui les ont subis des déformations et des modifications si complètes et si profondes, que leur structure primitive en est parfois complètement masquée. Nulle part peut-être les phénomènes dynamométamorphiques n'ont été plus intenses et à maintes reprises nous avons eu à en constater les traces sur les différentes roches que nous avons décrites. Il est bien établi que la pression peut écraser suffisamment les roches éruptives pour les rendre schisteuses, en leur donnant l'apparence de roches cristallines ou détritiques d'aspect fréquemment séricitique, sur la réelle origine desquelles il serait parfois bien difficile de se prononcer si l'on ne pouvait suivre pas à pas leur mode de transformation. L'exemple des porphyres de la Windgälle cité par M. Schmidt comme aussi celui que nous avons cité à propos des porphyres du Val Ferret[1] montrent jusqu'à quel point peuvent aller les déforma-

[1] L. Duparc et F. Pearce. Les Quartzporphyres du Val Ferret. *Archives* 1898.

tions et les transformations d'une seule et même roche. Il est donc dès lors facile à comprendre que certains auteurs aient tenté d'attribuer exclusivement au dynamométamorphisme les différentes structures de la protogine, ses passages aux variétés gneissiques et pegmatoïdes, ainsi que les alternances observées dans le manteau cristallin.

Le résumé de cette manière de voir a été exposé par M. Grubenmann[1] dans son travail sur les roches du noyau granitique de la partie orientale du Gothard ; pour lui, non seulement il faut attribuer à l'écrasement les facies variés du granit, mais encore une partie des schistes cristallins du manteau. De même les filons d'aplites que nous considérons comme des apophyses, ne sont point arrivés par pénétration dans leur position actuelle, ils ont été intercalés dans les schistes par le plissement. Quant aux enclaves, leur qualité de simple ségrégation basique leur enlève toute importance par une interprétation relative aux structures observées.

Insuffisance du dynamométamorphisme pour l'explication complète des faits.

Nous sommes convaincus que le dynamométamorphisme a joué un rôle considérable, mais nous pensons que seul il est insuffisant pour expliquer les faits observés. C'est ce que nous allons tâcher de démontrer.

Tout d'abord, admettons pour un instant que les alternances de facies observées soient l'unique résultat de la compression et de l'écrasement. Il n'en reste pas moins

[1] M. Grübenmann. Ueber Gesteine des granitischen Kerns, etc., *Mittheilungen der Thurgauischen Gesellschaf.* 1892.

avéré qu'il est cependant singulier de voir constamment une répétition alternante des mêmes types pétrographiques. Comment se fait-il que la pression qui a agi d'une manière continue sur un culot éruptif compact, ait écrasé systématiquement certaines zones devenues gneissiques et pegmatoïdes, tandis que d'autres sont restées granitiques ; et cela non pas sur un point seulement mais sur une étendue souvent considérable? Un autre fait qui demeure peu explicable c'est le passage des variétés gneissiques aux types granitiques dans le sens vertical. En effet si du Zeneppi on descend dans la vallée d'Arpette, on peut constater que près du sommet, c'est-à-dire du point le plus voisin de la couverture cristalline primitive décapée par l'érosion, la protogine est gneissique, par contre elle devient progressivement pegmatoïde à grands cristaux dans la partie supé rieure du vallon d'Arpette, et à l'extrémité de celui-ci, c'est-à-dire dans la partie la plus basse, on trouve enfin le type granitique.

Or il est évident que dans le Massif du Mont-Blanc les pressions maximales se sont exercées à une certaine profondeur. Il serait donc logique de rencontrer les variétés les plus écrasées à une assez grande distance de la surface.

En troisième lieu il reste un point toujours inexplicable, c'est le fait que, entre la protogine et certaines roches qu'elle enclave il n'y a aucune analogie chimique quelconque.

On peut admettre que la compression modifie une structure, ou encore qu'elle produise des minéraux nouveaux par un autre groupement des éléments chimiques constitutifs, mais elle ne saurait changer la composition centésimale primitive. Nous avons groupé dans le tableau qui suit

quelques analyses qui sont destinées à montrer cette différence constitutive entre la protogine et les bancs enclavés ; un coup d'œil jeté sur celui-ci montre qu'il existe même dans la protogine des roches dont la basicité est plus grande que celle des plus basiques de ses minéraux constitutifs.

Analyse

	I	II	III	IV
SiO_2	71.84	54.65	53.18	26.95
Al_2O_3	14.07	19.30	25.15	22.02
Fe_2O_3	2.01	2.69		19.78
FeO		4.96		
CaO	1.08	4.50	1.19	1.35
MgO	0.40	5.41	9.75	19.91
K_2O	5.25	4.83	5.36	0.59
Na_2O	4.11	3.12	1.45	0.37
Perte au feu	0.86	1.77	4.21	9.61
	100.62	101.23	100.29	100.58

N° I. = Protogine du clocher de Planereuse.
II. = Banc enclavé dans l'arète de l'Aiguille d'Orny.
III. = Aiguille du Tacul. (Banc enclavé.)
IV. = Aiguille du Tacul. (id.)

Il reste donc avéré que les roches de la composition indiquée ci-dessus, n'ont rien de commun avec la protogine et n'ont pu en dériver par écrasement. Cette déduction pouvait d'ailleurs se tirer déjà de la simple comparaison de leurs caractères microscopiques respectifs.

On peut cependant, en admettant la réalité de l'individualité pétrographique de ces bancs schisteux, objecter que ce sont là de simples lambeaux de la couverture cris-

talline primitive pincés et enfermés mécaniquement dans la protogine. Mais alors comment expliquer leur passage à certaines variétés gneissiques ou pegmatoïdes de ce granit et le fait certain que leurs minéraux constitutifs se retrouvent dans le granit encaissant comme nous l'avons indiqué à propos de la magnétite avec couronne de sphène.

D'ailleurs on peut même ne pas tenir compte de ces bancs enclavés et ne s'adresser qu'à la protogine elle-même. Si nous comparons par exemple les analyses d'un type gneissique et d'un type granitique, nous trouverons certaines différences, beaucoup plus faibles il est vrai, mais qui, interprétées convenablement, prennent une réelle signification.

En effet, les variétés gneissiques et pegmatoïdes sont criblées d'enclaves, et pour exprimer d'une manière vraiment exacte la composition des dites variétés, il faudrait tenir compte de ces enclaves et ne point les considérer isolément. Pour les variétés granitiques par contre, la rareté de ces enclaves fait que, pratiquement, l'on peut négliger leur influence sur la composition. Or les enclaves sont en général plus basiques que la protogine, il est donc bien évident à priori qu'en en tenant compte, on aurait pour les variétés gneissiques une composition sensiblement différente de celle des variétés granitiques. Et même, abstraction faite des enclaves, on trouve déjà entre les protogines gneissiques et granitiques certaines petites différences portant sur la perte au feu et sur la magnésie.

Il doit donc y avoir une autre cause que le dynamométamorphisme qui lie la présence des enclaves et les variations qu'elles introduisent dans la composition, aux facies de la protogine ; et si l'on admettait même que les

enclaves fussent des ségrégations basiques, il resterait encore à expliquer les motifs de leur localisation. Mais nous avons démontré que les enclaves sont à l'évidence des fragments de la couverture cristalline empâtés dans le granit et il faudra expliquer leur liaison avec les différents facies de celui-ci.

Passons maintenant aux rapports de la protogine avec la couverture cristalline. Il nous faut signaler d'abord les alternances observées, alternances qui se traduisent par des variations très notables dans la structure et surtout dans la composition chimique. Les mêmes objections que celles que nous avons faites à propos de la protogine subsistent entièrement ; si l'on admet qu'une partie des schistes doivent leur existence à l'écrasement du granit, comment expliquer alors des variations aussi sensibles dans le produit de l'écrasement d'une seule et même roche. Puis aussi jamais dans les chistes nous n'avons trouvé trace d'enclaves, si abondantes pourtant dans les protogines gneissiques. Quant aux filons de granulite qui lacèrent les schistes cristallins, l'observation directe montre à notre avis sans ambiguïté possible qu'ils sont réellement intrusifs, et que souvent ils se ramifient dans les schistes qu'ils traversent nettement et qu'ils transforment toujours. Le microscope montre aussi que ce qui se voit en grand sur le terrain se répète en petit, et confirme l'extrême généralité du phénomène. Il est vrai que dans la majorité des cas la direction de ces filons coïncide avec le plan de stratification, ce qui d'ailleurs est absolument logique; mais on trouve également certaines apophyses qui coupent obliquement la direction des couches.

Enfin, les nombreuses enclaves de nature diverse que l'on rencontre dans les gros filons, ainsi que l'exis-

tence de minéraux étrangers à la granulite est encore une preuve décisive de leur intrusion. Au même point de vue, les apophyses qui traversent les amphibolites sont également très suggestives. Lorsqu'un gros filon coupe un complexe de ces dernières, il les traverse pour ainsi dire à l'emporte-pièce en résorbant légèrement les salbandes. En même temps il arrache de nombreux fragments de ces mêmes amphibolites en les modifiant et les résorbant aussi à des degrés divers. Si par contre les filons sont très petits, ils se ramifient et se digitent dans les amphibolites, ce que l'on peut aisément suivre par le contraste des couleurs des éléments blancs et noirs. L'on voit alors sur un espace de quelques décimètres les amphibolites compactes passer aux variétés de plus en plus feldspathiques, de sorte qu'une analyse faite sur deux fragments pris à quelques centimètres dans le même banc donnerait des résultats tout différents. Sans monter bien haut, on peut voir fort nettement ces divers phénomènes soit dans les cailloux de la moraine du glacier de Trélatête, soit dans ceux de la moraine médiane du glacier de Miage.

Nous pensons donc que les considérations ci-dessus énumérées démontrent que seul le dynamométamorphisme ne saurait expliquer complètement les phénomènes observés. Nous allons essayer d'en donner une interprétation plus complète.

Injection magmatique, son processus.

Reportons-nous à l'époque très reculée où les premiers efforts orogéniques plissèrent les schistes cristallins du Mont-Blanc en y esquissant des anticlinaux et des synclinaux accompagnés sans doute de plissements secon-

daires. Le magma éruptif acide profond qui fut celui de la protogine, a dû monter dans les voussoirs ainsi formés avec lesquels d'ailleurs il n'a cessé d'être en contact permanent. Le magma, nous en avons la preuve, ne saurait être assimilé à une simple matière fondue.

L'existence dans le Mont-Blanc de certains minéraux *fluorés* et *borés*, comme aussi la présence des nombreuses inclusions liquides qui criblent quelques-uns des minéraux constitutifs du granit, montrent que bien au contraire ce magma devait être accompagné de dissolvants et de minéralisateurs. Ceci posé, il est évident qu'un magma semblable doit attaquer et corroder les couches de l'écorce terrestre avec lesquelles il est en contact immédiat, dans le cas qui nous occupe les roches cristallines du Mont-Blanc. Cette corrosion amène une résorption complète ou partielle selon les cas des parties considérées. Cette résorption permanente a donc comme résultat une assimilation, une digestion en quelque sorte, complète ou partielle aussi des matériaux de l'écorce. Une partie des minéraux constitutifs des roches cristallines disparaissent par ce procédé, mais d'autres plus tenaces résistent ; ils peuvent il est vrai être dans une mesure variable altérés par le magma, mais grâce aux mouvements qui se produisent dans celui-ci ils s'y disséminent plus ou moins complètement, et y restent comme des épaves en quelque sorte, alors que le refroidissement et la perte des minéralisateurs auront amené la cristallisation de ce magma sous forme de roche éruptive de profondeur.

Les enclaves nous montrent fort bien comment cette assimilation s'est produite. Toute résorption est évidemment précédée d'une pénétration du magma dans la

couverture ; celle ci dans les points où elle est en contact avec lui est disloquée et rompue par les nouvelles venues de ce magma. Les fragments ainsi produits, entraînés à la suite du mouvement lent subi par la masse, sont d'abord eux-mêmes modifiés par le magma qui les environne, puis commencent à se résorber progressivement. L'observation sur le terrain confirme absolument la réalité du phénomène que nous venons de décrire. Nous avons en effet montré que dans le voisinage des enclaves la protogine se charge de petits amas micacés, et que ceux-ci dessinent souvent autour d'une enclave des traînées analogues à celles produites par un corps en suspension dans un liquide visqueux que l'on remue ; ces traînées affectent aussi les gros cristaux d'orthose qui prennent les uns par rapport aux autres toutes les positions possibles. C'est ce que l'on peut voir admirablement dans le massif de Trient, mais principalement au Col du Chardonnet, à la Fenêtre de Salenaz, la Grande Fourche, etc.

La couverture cristalline doit donc selon sa composition exercer des modifications plus ou moins profondes sur le magma primitif, elle peut selon les cas l'acidifier ou le basicifier, lui apporter des éléments chimiques nouveaux ou simplement exagérer ou diminuer tel ou tel corps constitutif. Le résultat final sera donc le suivant : Dans le voisinage de la couverture cristalline, la roche granitique de profondeur subira des modifications endomorphes plus ou moins complètes, ces modifications se feront sentir à une distance relativement faible de la couverture, elles s'atténueront et disparaîtront de plus en plus au fur et à mesure qu'on s'éloignera des parties voisines de la surface pour aller en profondeur.

Toute résorption avons-nous dit doit être précédée d'une pénétration du magma dans la couverture. Cette pénétration sera d'autant plus facile que la résistance effectuée par les strates sera moins grande, elle variera donc beaucoup avec la nature et la structure de celles-ci.

En tout cas elle se fera facilement dans les parties où les feuillets des roches cristallines sont verticaux ou tout au moins fortement inclinés comme cela se montre dans les synclinaux, moins facilement par contre dans les parties où le contact avec le magma se fait par la surface ce qui doit se produire dans les voussoirs.

Cette infiltration en quelque sorte du magma et de ses minéralisateurs dans les strates, amène la dissolution *in situ* d'une partie des éléments de celles-ci; mais la perte de chaleur et de dissolvants qui en résulte doit avoir comme conséquence logique une cristallisation plus rapide du magma dans les strates mêmes, sans altération de leur structure parallèle primitive.

Ce phénomène doit précéder la dislocation et la résorption de la couverture cristalline qui se fait d'une manière continue à la base, il donnera naissance à toutes les transitions possibles entre les roches cristallines et le granit lui-même, transitions qui se feront par des gneiss éruptifs à gros glandules feldspathiques orientés, et des variétés pegmatoïdes, dans lesquelles de nouvelles venues du magma profond amènent une dislocation et une mise en mouvement partielles attestées par la multiplicité des enclaves, le déplacement et l'orientation confuse des gros glandules feldspathiques, enfin par l'existence des traînées de l'élément noir.

En même temps les perturbations amenées par cet état de choses dans la cristallisation se manifestent par l'exa-

génération dans la dimension de certains éléments. Nous avons vu en effet que dans les variétés gneissiques et pegmatoïdes l'orthose et le microcline se développent d'une manière exceptionnelle, tandis que dans les facies franchement granitiques qui, à notre avis, représentent un magma ayant cristallisé plus lentement et à l'abri des influences exercées par la couverture cristalline, tous les minéraux acquièrent un égal développement. La liaison des premiers types avec les seconds se fait par des protogines, véritables rappakivi, dans lesquelles les gros cristaux des variétés pegmatoïdes restent isolés dans une masse granitique quasi-uniforme.

Dès lors on peut comprendre la structure du Mont-Blanc en se représentant que l'érosion a décapé en partie la couverture cristalline. Dans les régions qui correspondent aux anticlinaux primitifs, lorsque la dénudation a fait disparaître suffisamment profondément la partie influencée par la couverture, nous trouverons de la protogine dont la structure sera de plus en plus granitique en profondeur. Dans les parties qui correspondent aux synclinaux par contre, le granit passera aux variétés pegmatoïdes et gneissiques, et dans les régions centrales de ces mêmes synclinaux on trouvera parfois des bancs presque intacts de la roche cristalline primitive plissée dans le synclinal. Plus on se rapprochera du fond du synclinal, plus les transformations seront complètes; maintenant si l'on se figure l'érosion assez puissante pour démanteler le massif au-dessous des synclinaux les plus profonds et de la zone influencée par les éléments de la couverture cristalline, on aurait alors un culot homogène d'un granit dont la structure et la composition seraient uniformes.

Le mot de protogine avons nous dit doit disparaître,

et les différents facies de cette roche doivent être interprétés à notre sens simplement comme des variétés plus ou moins voisines de la couverture cristalline primitive. Celles-ci ne se remontrent dans certains massifs alpins que parce que l'érosion ne les a point encore entamés suffisamment. La plupart des massifs granitiques ont très certainement été dans des conditions analogues à celles du Mont-Blanc, mais leur aspect actuel ne tient sans doute qu'à ce qu'ils ont été plus complètement dénudés et ne nous montrent alors que des régions plus profondes partant plus homogènes.

Signalons ici une objection que l'on peut faire de suite à la manière de voir qui vient d'être énoncée. Ce sont nous dira-t-on les variétés gneissiques et pegmatoïdes qui présentent d'habitude les phénomènes dynamométamorphiques les plus intenses et c'est là un argument décisif en faveur de leur origine dynamique. Mais ce fait loin d'infirmer la théorie est au contraire d'accord avec elle.

Si l'on comprend difficilement que la pression exercée sur un massif homogène y produise une série de zones écrasées qui se répètent systématiquement, il en est tout autrement si l'on substitue à celui-ci un massif granitique hétérogène, comprenant des régions plus ou moins schisteuses ou gneissiques correspondant à d'anciens synclinaux granitisés. Il est évident que ce sont celles-ci qui s'écraseront le plus facilement puisque la résistance doit être certainement inférieure à celle des variétés granitiques compactes, le dynamométamorphisme alors agira ici de manière à exagérer le caractère gneissique et schisteux primordial. Dès lors, il devient logique d'y rencontrer d'une façon plus intense les modifications apportées à la structure originelle par la compression et l'écrasement.

Injection téléfilonienne.

Nous avons jusqu'ici considéré l'action exercée par le magma dans les parties de l'écorce qui sont dans son voisinage immédiat, mais cette action se fait sentir plus loin dans l'intérieur de la couverture cristalline d'une manière un peu différente de celle que nous venons d'étudier.

En effet les couches cristallines qui se plissent, sont nécessairement sillonnées de fissures et de cassures multiples par lesquelles les dissolvants et les minéralisateurs pourront fuir dans leur intérieur. Des filons variés comme dimension, mais toujours très acides, cribleront la couverture cristalline et transporteront au loin l'action du magma profond. Cette injection téléfilonienne, amènera évidemment des modifications plus ou moins considérables dans les roches cristallines. Comme dans le cas de l'injection magmatique d'ailleurs, ces modifications seront évidemment liées à la nature des couches cristallines, à la grosseur des apophyses ainsiqu'au mode de pénétration. Comme rien ne règle la disposition générale de ces apophyses si ce n'est qu'au fur et à mesure que l'on s'éloignera du magma elles diminueront en fréquence et en étendue, il en résultera que les modifications variées qu'elle pourront apporter dans la structure et la composition des assises cristallines qu'elles traversent, pourront affecter un caractère de localisation marquée. Nous avons montré qu'en réalité il en était bien ainsi, et que les nombreuses alternances plus ou moins gneissiques que l'on rencontrait dans la couverture cristalline n'étaient point des niveaux déterminés, mais se répétaient en des

endroits fort différents et souvent d'une manière toute locale. Parmi les modifications apportées au milieu par ce mode d'injection, il faut signaler le développement du mica blanc et de la tourmaline. Le développement du mica blanc est souvent si étroitement lié à l'injection, que par l'accroissement graduel de cet élément dans certaines roches cristallines on peut diagnostiquer l'existence de filons que l'on trouve toujours dans le voisinage.

Ce fait n'est point isolé. On sait d'ailleurs que dans bon nombre de régions cristallines dans lesquelles le granit n'affleure point en surface on peut néanmoins en reconnaître l'existence en profondeur par le fait que les couches cristallines se chargent de mica blanc dans l'axe de la bosse granitique sous-jacente. Puis viennent ensuite le développement des feldspaths et du quartz qui sont au plus haut degré le résultat de l'injection filonienne.

Sous cette influence les roches cristallines diverses se granitisent en quelque sorte et prennent une forme gneissique spéciale. Nous avons constaté en effet dans les régions abondantes en apophyses combien ces formes gneissiques sont fréquentes et combien souvent entre les filons bien caractérisés et les roches cristallines on trouve des formes de passage multiples, attestées par des variations dans la composition chimique qui se manifestent à chaque instant.

Le mode de transformation que subit la roche cristalline est variée. Tantôt il y a imprégnation complète et développement simultané dans toutes les régions de feldspaths et de quartz; les premiers comme cristaux isolés de plus ou moins grande taille, les seconds généralement sous forme grenue. Quand cette imprégnation est complète il naît des associations granulitiques entre le

quartz et les feldspaths et il y a passage à la granulite pure.

D'autres fois l'injection affecte la forme lenticulaire, elle est soit principalement quartzeuse soit feldspathique, souvent aussi les deux à la fois. Elle développe dans ce cas des lentilles de quartz grenu associé ou non à de l'orthose, associations qui sont parfois de la pegmatite pure.

Toutes les dimensions sont réalisées dans ces lentilles, depuis celles gigantesques du Massif de Trient, véritables poches remplies d'une pegmatite grossière avec larges lamelles de mica blanc, jusqu'à celles de quelques centimètres seulement qui sont si abondantes dans certains schistes voisins du contact et leur communique un aspect tout particulier.

La réalité des phénomènes d'injection filonienne et des transformations subséquentes du milieu traversé est encore plus manifeste pour les amphibolites que pour les micaschistes. Nous avons vu que la granulite infiltrée à des degrés divers dans les amphibolites donne toutes les formes de passage entre des roches légèrement feldspathisées dont les éléments affectent une structure nettement parallèle et des roches amphiboliques d'apparence éruptive qui simulent à s'y méprendre les syénites et les diorites. Si l'on n'assistait pas à ces passages graduels, et s'il ne nous avait été donné maintes fois de les suivre pour en établir la genèse, nous aurions été les premiers à prendre les dites roches pour de véritables diorites ou syénites, alors qu'elles ne sont en réalité que des granulites transformées par endomorphisme à la suite de leur passage au travers des amphibolites. Un autre fait aussi éloquent est celui que nous avons mentionné à

propos de la composition chimique de la roche que nous avons appelée granulite amphibolique. Rien ne serait plus étrange qu'une roche éruptive, originellement formée de cette association bizarre de quartz et d'amphibole, fait qui se traduit par une acidité considérable, jointe cependant à une forte proportion de chaux de magnésie et à une pauvreté remarquable en alcalis. N'est-ce pas au contraire par excellence le produit d'une injection quartzeuse dans une roche primitivement basique, qui ne s'est guère trouvée modifiée de la sorte que dans sa teneur en silice.

De même la comparaison simultanée des éclogites et des amphibolites qui ont été placées dans des conditions identiques et qui toutes deux sont traversées par la granulite, montre aussi que le phénomène de l'injection est loin de s'appliquer d'une manière identique à toutes les roches. Tandis que les amphibolites généralement schisteuses partant plus perméables, ont donné naissance à toutes les transformations indiquées, les éclogites, compactes et homogènes, ont à peine souffert ; elles ont simplement éprouvé une sorte de durcissement résultant de la fixation d'un peu de quartz par imprégnation, mais néanmoins ce simple phénomène suffit pour produire certaines transformations sur les minéraux constitutifs primordiaux.

Il est d'ailleurs bien évident que ce que nous avons dit du dynamométamorphisme en parlant de la protogine s'applique sans restrictions aux schistes cristallins injectés.

Comme le granit, ceux-ci ont souffert de la compression, et maintes structures ont été ainsi modifiées ; mais il paraît établi et démontré maintenant que jamais les

roches cristallines du Mont-Blanc ne proviennent dans aucun cas de l'écrasement de la protogine.

Disons donc en terminant qu'il résulte de l'exposé précédent que les phénomènes observés reçoivent à notre avis une explication satisfaisante en faisant intervenir à côté du dynamométamorphisme une injection magmatique source première des différences de facies que présente la protogine et une injection téléfilonienne qui explique les alternances et les variations observées dans son manteau cristallin.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Prof. Dr Ed. Richter. See-Studien, etc. Etudes lacustres; texte explicatif de la 2e livraison de l'Atlas des lacs Alpins de l'Autriche. *Geographische Abhandlungen* du Prof. Dr Albrecht Penck. Wien, 1897.

Les professeurs Albert Penck à Vienne et Edouard Richter à Graz ont publié avec l'appui du Ministère des cultes et de l'Instruction publique un grand atlas des lacs d'Autriche. La première livraison (1895) traitant des lacs du Salzkammergut a été dessinée en grande partie d'après les sondages de Fr. Simony et a reçu son texte explicatif par le Dr Johann Müller. La 2e livraison (1896) publie en 9 planches, les cartes hydrographiques de 10 lacs de Carinthie, de Carniole, et du Tirol méridional; elles ont été dessinées par M. Richter, en grande partie d'après ses propres sondages. L'échelle est au 1 : 25000e; le relief du terrain y est figuré en isohypses avec équidistance de 10 m. Le terrain émergé est teinté en brun, le terrain immergé est teinté en bleu avec teintes progressivement foncées suivant la profondeur. Les points sondés ont leur profondeur rapportée au niveau des lacs. L'œuvre est excellente et du plus grand intérêt pour le géographe et le naturaliste. Nous félicitons les auteurs et leurs collaborateurs du beau travail et du riche matériel dont ils ont enrichi la science limnologique.

M. le prof. Richter nous donne le texte explicatif de cette seconde livraison, dans le mémoire que nous annonçons aujourd'hui.

Trois paragraphes traitent des méthodes de sondage, des

appareils employés, et des sondages exécutés dans les lacs autrichiens. La riche expérience de l'auteur et son excellent tact de géographe donnent une grande valeur aux conseils, directions et explications de ce chapitre qui s'adresse spécialement aux techniciens hydrographes.

Vient après une démonstration sur la position et le détail des lacs. Leur origine est étudiée avec soin (voir en particulier celle du lac de Millstatt). Nous y renvoyons le lecteur en résumant dans le tableau suivant les principales valeurs hydrographiques et géographiques.

	Altitude m.	Superficie km².	Prof. max. m.	Prof. moy. m.	Volume. km³.
Benaco Autrichien	65	14.31	311	196.7	2.815
id. entier	65	369.98	346	135.	49.76
Wörther-See.	439	19.437	84.6	43.2	0.840
Ossiacher-See.	490	10.571	46.5	19.1	0.200
Faaker-See	560	2.345	29.5	14.25	0.033
Millstätter-See	580	13.25	140.7	86.45	1.228
Läng-See	548	0.756	19.8	11.16	0.008
Klopeiner-See	448	1.125	48.	25.96	0.029
Veldes-See	478	1.452	30.6	22.	0.032
Kautschacher-See	508	1.406	15.	9.44	0.013
Wocheiner-See	526	3.283	44.5	29.7	0.097

Dans la seconde partie de son mémoire M. Richter traite de la température des lacs d'après les très nombreuses observations faites par lui et ses collaborateurs, en particulier dans les lacs de Wörth et de Millstatt; il aborde la plupart des questions théoriques de la thermique des lacs et il y apporte plusieurs points de vue nouveaux et intéressants. Je ne sais mieux faire que de traduire le résumé qu'il donne lui-même des faits nouveaux et des conclusions originales qu'il a introduites dans ce beau chapitre de la limnologie.

1° Quand la nappe de glace, qui en hiver recouvrait un lac, fond au printemps, on constate que les eaux de surface ont une température relativement élevée, 4° et même au dessus. Cela vient de ce que les couches supérieures de l'eau ont été réchauffées à travers la glace diathermane.

Si de la surface on descend jusque dans les strates de 30, 50 ou 100 m., selon la grandeur du lac, on trouve une température plus basse que 4° ; si l'on descend plus profond encore, la température de l'eau se relève à 4° et au-dessus.

2° Dans cette phase printanière, les températures inférieures à 4° disparaissent bientôt; parce que l'eau à 4° plonge dans la profondeur et refoule vers la surface les couches plus froides qui sont plus légères.

3° En mars et avril on remarque un réchauffement rapide de la couche supérieure dont l'épaisseur atteint 15 m., 20 m., et même 30 m. Par l'alternance du réchauffement très puissant pendant le jour et du refroidissement également très intense pendant la nuit, les convections verticales sont fort actives : il en résulte des mélanges, et par suite un réchauffement de la couche supérieure (de 15 à 30 m.).

4° A mesure qu'on avance vers l'été, le refroidissement nocturne est moins intense ; les courants de convection descendent moins bas; il en résulte que la couche de surface se limite mieux vers le bas; la couche du saut thermique (« Sprungschicht ») s'accentue et se précise. Les couches sous jacentes à celle du saut se réchauffent très peu pendant l'été.

5° La couche chaude de surface augmente peu à peu d'épaisseur pendant l'été par la pénétration des rayons solaires jusque dans les strates de 5, de 10 et de 15 m. de profondeur, couches qui entrent ainsi dans le cycle de la convection thermique.

6° Le réchauffement de la couche de surface est causé, presque uniquement, par la chaleur rayonnée du soleil. le contact avec l'air chaud est presque sans effet. Le réchauffement diurne peut atteindre une valeur de 6° en un jour ; mais il est en général annulé, jusqu'à une fraction de degré, par le refroidissement nocturne consécutif, surtout si le ciel est serein. Il faut donc une longue série de beaux jours pour amener un réchauffement sensible des couches supérieures du lac.

7° Dans la strate de 4 m. de profondeur, le réchauffement causé par le rayonnement solaire peut s'élever à 0.5° en un jour ; dans les strates de 10 à 12 m., cette action prolongée

pendant tout l'été n'atteint une valeur totale que de 1° à 2°. La plus grande transparence de l'eau est une condition favorable à la pénétration de la chaleur dans des couches plus profondes.

8° La première arrivée des froids au commencement de septembre provoque le début de la phase de refroidissement du lac; celle-ci peut être retardée si l'automne est beau; mais une fois qu'elle a commencé, le type de la stratification thermique ne se modifie plus.

9° La couche de température uniforme s'accroît rapidement d'épaisseur par adjonction, dans le cycle des convections, de couches de plus en plus profondes à mesure que la surface se refroidit. Au mois de novembre la couche du saut thermique a complètement disparu.

10° Avant que toute la masse du lac soit descendue à 4°, on voit déjà se développer par places la stratification thermique inverse. Nous n'avons jamais constaté, à aucun moment et dans aucun lac, l'existence d'une température uniforme de 4°, simultanément dans toute l'épaisseur et toute l'étendue du lac. Les couches superposées qui sont plus chaudes ou plus froides que 4° ont des densités différentes; les faits de réchauffement diurne et de refroidissement nocturne amènent des courants de convection qui s'opposent à l'établissement d'un équilibre stable; le refroidissement à un degré inférieur à 4° descend jusqu'à des profondeurs assez considérables.

11° Les grands lacs et les lacs très profonds gèlent difficilement par ce que l'état thermique nécessaire au début de la congélation (température de 4° dans les grands fonds, température inférieure à 4° dans les couches de surface jusqu'à 40-100 m. de profondeur) n' est guère atteint qu'au commencement de février. Les grands mouvements de l'eau, vagues et courants, sont aussi des obstacles à la congélation.

12° La congélation des lacs survient lorsque la température de la surface est descendue à + 1°, ou même seulement à + 2°. On n'a pas encore constaté l'existence, dans un lac d'eau douce, d'eau à 0.0°; ce fait encore inexplicable demande de nouvelles recherches.

13° La température des couches très profondes est souvent

plus chaude que 4°. Le fait a été constaté surtout pour des lacs logés dans des cuvettes très encaissées, ce qui tend à le faire attribuer à l'effet de la chaleur centrale de la terre.

F.-A. F.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

C. Ris et C. Simon. Sur l'acide dinitrodibenzyldisulfonique (*Berichte* XXXI, 354, Bâle). IIme communication (Voir *Archives*, V, 85).

Les auteurs font observer à propos d'une communication récente de Green et Wahl (*Berichte* XXX, 3097), sur le même sujet, que le brevet anglais n'a été publié qu'après leur premier mémoire. Ils ajoutent quelques détails sur la manière de préparer l'acide dinitrodibenzyldisulfonique pur et confirment l'observation de Green et Wahl d'après laquelle le sel de sodium de cet acide pur ne donnerait pas de coloration avec la lessive de soude et la phénylhydrazine. Lorqu'on traite ce sel de sodium par HCl on obtient non pas l'acide mais un *sel acide;* Green et Wahl auraient eu entre les mains, d'après les auteurs de ce mémoire, non pas l'acide mais le sel acide de sodium. L'analyse du sel neutre de sodium a donné un résultat qui ne s'accorde pas avec la constitution supposée mais qui correspond à un composé renfermant un atome d'oxygène en moins. La composition centésimale est celle d'un dérivé nitrosonitré mais la constitution reste à déterminer. En tout cas lorsqu'on fait réagir la lessive de soude sur l'acide dinitrodibenzyldisulfonique à 50° il se forme entre autres produits, un composé qui donne avec la lessive de soude et les réducteurs une coloration rouge intense et caractéristique; il n'a pas été possible de retirer une substance assez pure pour être analysée. F. R.

E. Schulze. Matière azotée extraite des germes du ricin (*Berichte*, XXX, 2117, Zurich).

L'auteur a extrait des germes séchés du ricin un corps

azoté qu'il nomme « ricidine » formant des prismes incolores, fusibles à 193°, correspondant à la formule $C_{12}H_{13}N_2O$; les cotylèdons renferment 3,5 % de ricidine et la partie hypoctylée un peu plus de 1 %.

St. v. Kostanecki et L. Laczkowsky. Monoxybenzalindanediones. (*Berichte* XXX, 2138, Berne).

On obtient la 2' oxybenzalindanediones

$$C_8H_4\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle C = CH(1)C_6H_4OH(2)$$

en chauffant à 100° un mélange d'indanedione et d'acide salicylique, prismes orangés fusibles à 196°; 2' éthoxybenzalindanedione s'obtient à partir de l'aldéhyde éthylsalicylique, elle fond à 135°; 3' oxybenzalindanedione se prépare au moyen de l'oxyaldéhyde correspondante, lamelles jaunes fusibles à 222°; 4' oxybenzalindanedione forme des aiguilles jaunes fusibles à 239°. Ont été encore préparées, la furalindanedione fusible à 203°, la cinnamylidène indadione fusible à 150-151°. Lorsqu'on chauffe l'indanedione pendant 12-24 h. à 120-125° on obtient l'anhydro-indandione et en outre le tribenzoylène-benzène, identique avec le corps qu'on obtient par l'action de l'acide sulfurique sur l'anhydrodiindanedione.

Eug. Bamberger et Ed. Renaud. Sur les hydroxylamines substituées (*Berichte*, XXX, 2278, Zurich).

La benzylhydroxylamine réagit sur une solution de nitrosobenzène dans l'alcool absolu en donnant quantitativement du diazoxybenzyle ainsi que de petites quantités de benzaldoxime et de phénylhydroxylamine. Le chlorure de diazobenzène réagit sur une solution acétique de β méthylhydroxylamine à froid en donnant

$$C_6H_5N_2\text{-}N\left\langle\begin{matrix}OH\\CH_3\end{matrix}\right.$$

Le dérivé para nitré ainsi que différents sels et éthers en ont été préparés. La condensation du chlorure p. nitrodiazobenzène et de la β benzylhydroxylamine donne naissance au composé

$$NO_2C_6H_4N_2N\begin{cases}OH\\ CH_2.C_6H_5\end{cases}$$

d'autres dérivés ont été encore préparés par les auteurs.

R. Gnehm et E. Bænziger. De la charge de la soie au point de vue chimique (*Färberzeit.*, 8, p. 1 et 18, Zurich).

On charge la soie de 50-120 % entre autre avec le phosphosilicate d'étain, ce qui ne lui enlève ni son apparence soyeuse, ni ses qualités, cependant, au bout d'un certain temps, les tissus deviennent cassants. On plonge les tissus d'abord dans un bain de carbure d'étain puis dans un bain de phosphate, aussi dans un bain d'un silicate soluble ; on introduit ainsi dans la soie par un ou plusieurs passages dans ces bains $S_{n_1}P_2O_5$ et S_iO_2. Les auteurs ont fait de nombreuses analyses de la soie à divers moments du travail. Ils ont toujours trouvé que la soie renfermait plus de S_nO_2 que ne le comportait un sel même. Au fur et à mesure qu'augmente la charge, l'extensibilité de la soie diminue. La chaleur 40° ne nuit pas à la qualité de la soie traitée, mais bien la lumière solaire.

K. Schulze et E. Winterstein. Sur un produit de décomposition de l'arginine (*Berichte*, XXX, 2789, Zurich).

Les auteurs ont constaté que l'arginine se dédouble par ébullition avec l'eau de baryte en urée et ornithine; cette dernière a été caractérisée par transformation en son dérivé dibenzoylé, l'acide ornithurique. Ils proposent pour l'arginine la constitution suivante :

$$\begin{array}{c}NH_2\\|\\NH=C\end{array}=NH-CH_2-CH_2-CH_2-\begin{array}{c}NH_2\\|\\CH\end{array}-COOH$$

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES

DE NEUCHATEL

Séance du 26 novembre 1897.

Ed. Cornaz. Une découverte scientifique japonaise. — H. Schardt. L'origine des lacs du pied du Jura.

M. le Dr Ed. Cornaz lit une notice sur le fait, constaté par le professeur H. Ikeno et le Dr S. Hirase, que le Gingko (*Salisburia adiantifolia*) et le *Cyclas revoluta* présenteraient des anthérozoïdes, soit spermatozoïdes se formant dans le boyau pollinique, la cellule du sommet se divisant en deux spermatozoïdes formant une spirale et garnis de cils vibratiles. Si le fait se généralise pour les Conifères, les Gnétacées et les Cycadées, ce groupe, désigné successivement comme *Polycotylédones* et comme *Gymnospermes*, se trouverait tout naturellement rapproché des Cryptogames, chez lesquelles Hofmeister a découvert il y a une quarantaine d'années l'analogue des spermatozoïdes des animaux, d'où le nom de *Zoïdiogames* par lequel on les a désignées par opposition aux *Siphonogames*, fécondées par le tube ou boyau pollinique. (Voir séances Soc. phys. Gen., *Archives* 1897, IV, p. 184.)

H. Schardt. L'origine des lacs du pied du Jura. (Voir *Archives* 1898, pp. 68 et 182.)

Séance du 17 décembre.

A. Cornaz. Une angine diphtérique. — A. Berthoud. De l'action de l'isocyanate de phényle sur les thiamides.

M. le Dr A. Cornaz donne la suite de l'histoire d'une *angine diphtérique* dont il a entretenu la Société il y a quel-

ques mois. (Voir *Arch.* 1897, p. 300.) Les bacilles dont la présence constante était reconnue dans la gorge du patient longtemps après sa guérison n'étaient pas ceux de la vraie diphtérie, mais ceux, non pathogènes, de la pseudo-diphtérie.

A. Berthoud. De l'action de l'isocyanate de phényle sur les thiamides. (Voir *Arch.* 1897, p. 465.)

Séance du 7 janvier 1898.

O. Fuhrmann. Sur les phénomènes de la régénération chez les invertébrés. — P. Godet. Un problème ichtyologique. — L. Favre. Explosion d'une chaudière à vapeur.

M. le prof. Fuhrmann expose les recherches qu'il a faites sur *les phénomènes de régénération chez les invertébrés.* Après avoir donné un résumé du pouvoir régénérateur chez les différents groupes du règne animal, M. Fuhrmann décrit ses expériences, qui ont porté principalement sur les *vers*, et en particulier sur le groupe des *Planaires.* Les différentes espèces de ce groupe présentent le plus grand intérêt par la facilité avec laquelle sont régénérées les différentes parties du corps. Si l'on coupe transversalement un de ces individus, la moitié postérieure régénère la partie antérieure avec le cerveau et les yeux, tandis que la moitié antérieure régénère la partie postérieure avec le pharynx. Nous obtenons ainsi avec un individu deux nouveaux animaux parfaitement constitués. Nous pouvons aller plus loin et diviser de même un de ces animaux en dix ou quinze morceaux, qui chacun reformera un nouvel individu. En divisant l'animal longitudinalement, le même phénomène se présentera. Si l'on fait une coupe oblique, l'axe de la partie régénérée est perpendiculaire au plan de section.

Ce qu'il y a de très intéressant, c'est qu'à l'aide de la régénération on peut produire des monstruosités des plus bizarres. Si, au lieu de couper l'animal en morceaux séparés, nous nous bornons à faire de simples incisions, il se formera des individus avec deux, trois, quatre têtes et autant de

queues. Le premier cas se présente si l'incision passe d'avant en arrière ; des extrémités postérieures se forment dans le cas contraire. Une exception à cette règle est très rare.

M. P. Godet rend compte des travaux de M. le prof. Grassi sur les *métamorphoses de l'anguille.*

M. L. Favre rend compte des causes qui ont amené dernièrement l'*explosion d'une chaudière à vapeur* à la Neuveville.

Séance du 21 janvier.

G· Borel. Pseudo-hystérotraumatismes oculaires ou l'hystérie chez les hommes assurés. — Ed. Cornaz. Trois faits de tératologie végétale.

M. le Dr G. Borel, oculiste, étudie les cas où un accident peu important est suivi de désordres nerveux graves, cas qui sont observés chez des individus assurés à des compagnies d'assurance contre les accidents. Ces gens, prédisposés par une hérédité implacable, par une intempérance de longue date, sont fascinés par l'idée de faire fortune grâce à un accident qui n'est qu'un prétexte à indemnité. On observe alors chez eux le rétrécissement du champ visuel, les diplopies monoculaires et les anesthésies caractéristiques de l'hystérie. Les plaies oculaires ont beau être guéries depuis des mois, l'état physique et mental s'aggrave toujours. Lorsqu'il s'agit d'alcooliques, ces détraqués peuvent devenir dangereux tant qu'ils ne deviennent pas abstinents. Mais cet isolement et cette cure d'abstinence qui seuls peuvent amener une guérison sont d'autant plus difficiles à ordonner aux malades qu'ils s'imaginent tenir déjà une fortune du fait de leur accident.

Tous les médecins constatent qu'avec le règne des assurances, le nombre des accidents augmente constamment, et que nombre d'individus ne *veulent* pas guérir et ne s'inquiètent que de savoir ce que leur maladie leur rapportera ; lorsque ces accidents frappent des déséquilibrés atteints de suggestibilité exagérée, peu importe la gravité de l'accident, la guérison est presque impossible.

Outre l'alcoolisme, la colère est un agent provocateur de l'hystérie ; les simulants peuvent devenir hystériques après la colère qu'ils éprouvent quand ils s'aperçoivent que leur escroquerie est démasquée. Il y a là une sorte de *traumatisme moral*, augmenté et entretenu par le *choc moral* incessant dû aux émotions d'un procès, aux comparutions devant les juristes et les tribunaux, et on voit alors ces pauvres gens sombrer avec ce qui leur restait de sain dans leur état mental.

Ce travail fait suite à une monographie parue dans le *Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel* (tome XXIII), dans laquelle M. Borel avait étudié les hystéro-traumatismes oculaires consécutifs spécialement aux catastrophes de chemins de fer. L'érythropsie, l'astigmatisme spastique, le nystagmus, la mydriase, l'épiphora avec hémihyperhidrose faciale, l'hémispasme glosso-labié peuvent ainsi exister isolément et constituer une forme d'hystérie monosymptomatique.

M. le Dr Ed. Cornaz met sous les yeux de la Société trois cas de *tératologie végétale*, à savoir :

1° La réunion de deux calathides soudées l'une à l'autre par la base chez un *Leucanthemum montanum* (DC.) de la vallée de Binn : on peut y observer des deux côtés de la tige florale un sillon assez profond montrant qu'il s'agit déjà dans celle-ci d'une soudure complète.

2° La réunion de 2 fleurs du *Narcissus radiiflorus* (Salisb.) de Charnex sur Montreux : il n'y a qu'un spathe qui se bifurque, les deux périgones sont soudés en un dès la base, s'éloignent légèrement l'un de l'autre au haut du tube pour se réunir de nouveau au-dessous des deux couronnes, et présentent chacun ses 6 divisions : les 2 styles soudés à la base se séparent dans leur partie supérieure.

3° La transformation complète des étamines et même des pistils en longs appendices pétaloïdes étroits et à sommet aigu, d'un jaune verdâtre, sur 2 exemplaires de l'*Anemone alpina*, var. *sulphurea* (L.), récoltés l'un et l'autre sur les bords du lac Matmark dans la vallée de Saas.

Ce dernier cas est particulièrement intéressant en ce qu'il fait constater dans la section *Pulsatilla* de ce genre un fait qui s'observe fréquemment dans la section *Anemonanthus*, et cela bien spécialement chez 2 espèces méridionales, l'*Anemone hortensis* (L.) et l'*A. coronaria* (L.), chez l'une desquelles il forme même une variation assez fréquente pour avoir été décrite comme espèce ; ainsi que dans la section *Hepatica*, où, comme on le sait, les jardiniers ont obtenu des fleurs doubles d'un beau rouge carmin ou plus rarement d'un bleu vif.

M. le prof. F. Tripet constate que le style du *Narcisse* présenté est simple à son origine ; il fait remarquer en outre l'intérêt tératologique spécial de cette formation rétrograde de pseudo-pétales dans le groupe *Pulsatilla*, qui est assez fréquente dans le groupe *Anemonanthus*, entre autres chez l'*Anemone nemorosa* (L.), ainsi que le rappelle M. Sire.

Séance du 4 février.

Ed. Cornaz. Sur les roches gravées du Val Fontanalba. — H. Schardt. Quelques accidents tectoniques du Jura.

M. le Dr Ed. Cornaz communique à la Société une analyse d'une publication de M. Clarence Bicknell, à Bordighera, sur *les roches gravées du Val Fontanalba.*

M. le prof. H. Schardt fait une communication sur *quelques accidents tectoniques du Jura.*

Bien que le Jura ait été déjà exploré dans tous les sens, on peut encore y faire nombre d'observations nouvelles, et chaque année apporte sa moisson de découvertes.

Le Val-de-Ruz a passé pendant longtemps pour une cuvette synclinale simple aux flancs normaux ; des observations récentes de MM. Moulin et Du Pasquier ont montré que ses flancs sont renversés. M. Schardt a pu s'assurer très positivement de ce fait, soit au-dessus de Fenin sur le flanc de Chaumont, soit au-dessus de Cernier sur le versant du Mont

d'Amin. A l'extrémité N.-E. du Val-de-Ruz, entre Clémesin et la source du Seyon où s'arrête le Miocène, le flanc de la chaîne de Chaumont paraît même avoir chevauché par un pli-faille sur le néocomien de cette combe; le portlandien paraît reposer sur le néocomien.

M. Schardt parle ensuite de la faille qui borde le versant S.-E. du Val-de-Travers entre les Oeillons et Buttes. Ce n'est évidemment pas une faille verticale comme on aimait à figurer le contact anormal entre le Kimméridgien et le Miocène du plateau des Grandchamps. C'est encore un pli-faille, ayant conduit à un chevauchement dont le rejet n'est guère inférieur à 600 m., s'il n'est pas plus considérable. M. Schardt rappelle l'analogie de cet accident avec celui qui borde dans des conditions absolument semblables le flanc occidental de la chaîne du Reculet, dès la Vattaysur Mijoux, sur toute la longueur du vallon de la Valserine, jusqu'à Confort près de Bellegarde. Ici encore on voit le jurassique chevaucher sur le remplissage tertiaire du vallon synclinal.

M. Schardt montre encore un profil du vallon de Vallorbes, qui passait, comme le Val-de-Ruz, pour un synclinal évasé, tandis qu'en réalité ses deux flancs sont renversés et compliqués l'un et l'autre de plis-failles très manifestes. Près de la carrière de chaux hydraulique à la combe d'Egraz, on voit le bathonien horizontal dans le voisinage immédiat du jurassique supérieur renversé, ce qui atteste un étranglement par pli-faille. De même sur le versant opposé, en amont de la gare, on trouve au-dessus d'un lambeau de gault (à la Fontaine à Moiset) le valangien et la marne de Hauterive renversés.

Séance du 4 mars.

O. Billeter. Quelques analyses types de vins de Neuchâtel. — A. Hirsch. Le tremblement de terre du 22 février.

M. le prof. Billeter présente les résultats de *quelques analyses types de vins de Neuchâtel* et parle de la détermination de l'extrait du vin dans le vide.

M. le prof. Hirsch fait une communication sur le tremblement de terre qui a été ressenti le 22 février à 11 h. $^3/_4$ du matin environ, à l'extrémité supérieure du lac (Yverdon, Grandson) et dans le Val-de-Travers. Il ne paraît pas s'être propagé jusqu'à Neuchâtel. La grande lunette méridienne de l'observatoire n'a fait voir aucun changement dans l'orientation ou l'inclinaison de son axe. Par contre M. Hirsch a pu constater des variations anormales, quoique peu considérables, dans la marche de trois au moins des quatre pendules de précision de l'Observatoire.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 16 février 1898.

H. Dufour. Sur la déperdition de l'électricité. — H. Schardt. Le calcaire du Mont-Arvel. — S. Bieler. Sur un cas de télégonie. — H. Schardt. Synclinal entre Miex et Tanay.

M. Henri Dufour expose les résultats des expériences qu'il a faites pour vérifier si la *déperdition de l'électricité* de la machine de Holtz se fait différemment de celle produite par d'autres machines électrostatiques comme cela a été annoncé par M. de Henn en 1896. (*Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXII). Les mesures n'ont pas montré de différences attribuables à l'origine de l'électricité, mais elles montrent une fois de plus les précautions minutieuses qui doivent être prises pour éviter des causes d'erreur lorsqu'on électrise des corps *médiocres* conducteurs tel que le bois et qu'on *résume* la déperdition superficielle qu'ils éprouvent.

M. H. Schardt, professeur, parle de la *stratigraphie du calcaire du Mont-Arvel.* Ce calcaire constitue dans la série des terrains jurassiques des Préalpes romandes un niveau très caractéristique qui a été considéré jusqu'ici comme rentrant dans le lias inférieur (sinémurien). C'est un calcaire spathique nettement caractérisé comme *brèche échinodermique.* C'est dans l'anticlinal allant de Villeneuve au Vanil-Noir que ce terrain est le mieux à découvert. Son facies a été comparé à celui du Lias de Hierlatz (Alpes autrichiennes).

La vallée transversale de la Sarine offre entre Rossinières

et Cuves (Pays d'Enhaut vaudois), une coupe complète de cette formation. Elle présente ici une *assise inférieure*, de calcaire gris, localement rougeâtre, tantôt échinodermique, tantôt compact et homogène. Ce calcaire repose sur la cornieule qui affleure au milieu de l'anticlinal. La faune qu'il renferme est analogue à celle du Lias de Saltrio (Rhynchonelles) et le niveau paléontologique est nettement attesté par l'*Aegoceras planicosta* et l'*Aeg. raricostatum* qui se trouvent ailleurs dans le *Sinémurien supérieur*. (Lias β de Quenstedt). Il est dès lors étonnant que les Brachiopodes aient plutôt de l'affinité avec ceux du Lias moyen partie inférieure (Cymbien). Cette question ne pourra être tranchée que par une étude minutieuse des fossiles de ce gisement et d'autres dont il va être question.

Sur un premier massif de calcaire échinodermique, épais de 50 m., suit une zone calcareo-marneuse et schisteuse de 10 à 12 m., dont la surface des lits est couverte d'empreintes de *Zoophycos*. Un lit de marne, épais d'à peine 10 cm., est rempli de petits fossiles ; ce sont des *Pleuromyes* et des petits moules de forme très caractéristique que Gilliéron avait considéré comme appartenant à une *Mactromya*. Il avait, pour des raisons pétrographiques, classé cette assise, et tout ce qui se trouve en amont, dans la *Toarcien* (couches à *Posidonomyes*). J'ai pu m'assurer toutefois que ce petit fossile se rapporte avec le plus de probabilité au genre *Cardinia*.

Un nouveau massif de calcaire échinodermique mis à découvert par la nouvelle route, se superpose à cette zone marneuse ; il ne contient pas de fossiles intacts et supporte à son tour le Toarcien à Fucoïdes.

J'ai pu reconnaître cette même superposition au Mont-Arvel, où le calcaire spathique est exploité depuis un grand nombre d'années comme pierre de taille, pierre à bâtir et à paver.

Il y a là également un *massif inférieur* de calcaire échinodermique, épais d'environ 50 m., où prédominent les teintes rouges et violacées, tandis que le *massif supérieur*, épais de 75 m., est presque entièrement gris, sauf à la base. Entre deux se trouve une zone marneuse mesurant seulement

4 m. et qui se voit distinctement de loin dans la carrière moyenne du Mont-Arvel.

C'était pour moi une surprise bien agréable de constater dans cette assise intermédiaire la présence des petits fossiles identiques à ceux de Rossinières, les *Pleuromyes* et les *Cardinies*, foisonnent dans les lits de la base de l'assise.

J'avais déjà découvert cette assise, il y a une dizaine d'années, dans une situation des plus extraordinaires, dans la carrière supérieure du Crêt sur Villeneuve; c'est un lambeau de 4 à 5 m. d'épaisseur de couches marneuses horizontales, remplies des mêmes petits fossiles ; reposant sur la tranche du calcaire rhétien, ce dernier en position presque verticale. C'est sans doute un lambeau qui a glissé d'en haut postérieurement au creusement de la vallée de la Tinièvre.

Si cette assise ne permet pas de fixer avec précision l'âge des assises de calcaire spathique qu'elle divise en deux, elle constitue du moins un niveau stratigraphique extrêmement précieux et caractéristique, montrant que la même couche s'étend sans changement de facies sur une grande étendue des Préalpes. Les fossiles et la roche qui les renferme sont à tel point identiques qu'il est impossible de distinguer les fossiles d'après leur gisement.

Le Creux de la Dérochiaz, sur le flanc du Grammont, offre aussi le facies échinodermique de Lias. La couche à *Cardinies* s'y retrouve également; mais je ne l'ai pas encore trouvée en place. J'ai toutefois la preuve de son existence par la découverte d'un fragment de calcaire marneux avec fossiles dans les éboulis au-dessus des Evouettes. Au Grammont, la superposition du calcaire à facies spathique au sinémarien formant le noyau de la voûte, est très bien visible ; cette voûte est la continuation de celle de la vallée de la Tinière entre le Mont-Arvel et les Rochers de Naye.

En dehors des gisements cités, le calcaire spathique du Lias inférieur et moyen se rencontre dans presque toutes les Prealpes sur les deux rives du Rhône, mais nulle part avec un développement en épaisseur aussi considérable comme entre Villeneuve et Rossinières. Je l'ai observé dernièrement à la montée au Gros Tzermont (Gruyère) où il est

riche en fossiles (*Avicula*). J'en connais encore deux gisements dans des situations des plus extraordinaires. L'un est un lambeau de calcaire spathique, serré, en discordance, entre le Torcien et le Trias sur le flanc N du Mont-Cubli sur Montreux (voir *Mat. Carte Géol. Suisse* XXII, pl. IV, fig. 8) ; l'autre se trouve dans la vallée de la Grande-Eau, au pieddu Chamossaire, au rocher de Hanta-Crèttaz sur Exergillod. J'ai constaté là le même calcaire, soit compact, soit échinodermique, rouge ou gris, comme l'assise inférieure de Rossinières et avec les mêmes *Rhynchonelles* (*Rh. Brisies var. belemnitica*).

Ce rocher calcaire que j'avais pris jadis pour du Malm, est, pour la plus grande partie, du calcaire compact gris clair, resserré entre le Trias et le Flysch, au milieu d'un dédale inextricable de couches tourmentées. La constatation de son âge liasique avec ce facies est donc d'un grand intérêt.

Le problème qui se pose maintenant est de savoir si l'ensemble de ces calcaires à facies échynodermiques rentre dans le Sinémurien, ou s'ils correspondent plutôt au Lias moyen (Charmonthien), ou bien encore, si la partie supérieure, avec la couche à petits fossiles, est toarcienne comme le pensait Gilliéron. L'étude détaillée des fossiles et des gisements pourra seul trancher la question. C'est un travail que je compte entreprendre par la suite. Il serait intéressant de constater la couche à petites *Cardinia* et *Pleuromya* dans d'autres localités des Préalpes. C'est à ce titre que j'attire l'attention sur cette assise.

M. S. BIELER dépose à la bibliothèque un article de M. de Varigny sur la *télégonie* que les Allemands ont appelée l'*Imprégnation* ou l'*Infection*. Il s'agit de l'influence d'une première gestation sur le produit d'une seconde.

L'attention avait été éveillée sur ce fait par la naissance d'un poulain *zébré* qui provenait d'un père cheval, pur sang arabe, mais le poulain succédait à un produit mulet provenant d'un père zèbre. Le fait, qui s'était passé chez Lord Morton, est raconté dans la revue *Philosophical transactions* de 1821.

Mais quoique l'on puisse citer plusieurs faits analogues, il y a eu de nombreuses contradictions, quelques-unes s'appuyant sur des expériences négatives.

M. de Varigny reprend le sujet et apporte une nouvelle expérience du professeur Cossar Ewart d'Edimbourg.

Cet expérimenteur a cherché dernièrement à se mettre dans les mêmes conditions que lord Morton et il a eu le même résultat, c'est-à-dire qu'il a obtenu la naissance d'un produit zébré descendant de parents de pur sang, mais sous l'influence d'une gestation antérieure d'un mulet zèbre.

M. Schardt parle encore de *quelques détails tectoniques* de la chaîne des *Cornettes de Bise* entre la Pointe de Tanay et le Roc Chambairy séparant le vallon de Miex de celui de Tanay. Cette arête, formée par un synclinal crétacique (couches rouges) entouré de Malm, offre des affleurements de Crétacique sur ses deux versants alors que c'est sur le versant N seulement que ce terrain devrait exister. Comme il n'est pas possible d'admettre deux synclinaux de crétacique, j'avais attribué les réapparitions locales des couches rouges à des décrochements résultant de déversements inégaux de l'arête.

Or, au cours d'études nouvelles faites l'année dernière, il m'a été possible de m'assurer que les couches rouges sur les deux versants de l'arête appartiennent au *même synclinal.* Ce synclinal au lieu d'être simplement déjeté au NE en forme de V, présente à sa charnière un retroussement en forme de *faux anticlinal.* Cette particularité très intéressante, étant difficile à décrire sans figures, fera l'objet d'une petite note spéciale.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1898

Le 1er, gelée blanche le matin; couronne lunaire à 9 h. du soir.
2, pluie jusqu'à 10 h. du matin.
3, gelée blanche le matin; pluie à 7 h. du soir.
5, forte bise depuis 4 h. à 10 h. du soir; halo lunaire partiel de 9 h. à 10 h. du soir.
7, forte gelée blanche le matin.
8, forte gelée blanche le matin.
9, rosée le matin; fort vent à 4 h. du soir.
10, quelques gouttes de pluie à 10 h. 30 m. du soir.
11, halo solaire partiel à 3 h. 30 m. du soir; pluie à 9 h. 20 m. du soir.
12, pluie dans la nuit et à 3 h. 25 m. du soir; à 4 h. 30 m. du soir légère averse.
13, légère pluie dans la nuit et à 1 h. du soir.
14, très forte gelée blanche le matin; halo solaire depuis 6 h. du soir.
15, pluie à 1 h. 35 m. du soir; fort vent pendant l'après-midi.
16, pluie dans la nuit et depuis 1 du soir.
17, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin.
18, pluie dans la nuit jusqu'à 10 h. du matin; pluie à 4 h. du soir; fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
19, très forte rosée le matin; fort vent dans l'après-midi; pluie depuis 7 h. du soir.
20, pluie dans la nuit.
21, forte rosée le matin.
22, pluie dans la nuit; pluie depuis 1 h. à 9 h. du soir.
23, légère pluie dans la nuit; forte bise pendant tout le jour.
24, bise pendant tout le jour.
25, forte rosée le matin; brouillard élevé à 10 h. du matin.
26, légère pluie depuis 1 h. 25 m. jusqu'à 7 h. du soir.
27, pluie dans la nuit; à 5 h. 30 m. tonnerre à l'W.; à 5 h. 33 m. éclairs et tonnerre au SSE.; forte averse; pluie depuis 7 h. du soir.
28, pluie pendant toute la journée.
29, pluie dans la nuit et depuis 9 h. du soir.
30, très forte rosée le matin; halo solaire partiel depuis 10 h. à midi; couronne lunaire double à 10 h. 15 m. du soir; fort vent dans l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 7 h. matin	716,03	Le 1er à 5 h. soir	712.59
8 à 9 h. matin	735,00	7 à minuit	732,69
12 à 10 h. soir	727,24	12 à 4 h. matin	720,76
18 à 11 h. soir	723,09	13 à 1 h. matin	727,30
21 à minuit	728,69	18 à 3 h. matin	712,92
22 à minuit	722,87	20 à 4 h. soir	727,15
27 à minuit	719,63	22 à 5 h. soir	719,67
30 à 11 h. soir	727,10	24 à minuit	724,36
		28 à 4 h. matin	718.01

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève

Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLOGNY R. Gautier	JUSSY M. Micheli	OBSERVAT.	COMPESIÈRES Pellegrin	ATHENAZ J.-J. Decor	SATIGNY P. Pelletier
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Total.	62.5	73.9	87.5	74.3	92.0	62.3	73.0

Durée totale de l'insolation à Jussy : 142h 25m.

GENEVE. — AVRIL 1898.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	+ °	°	cm
1	714,58	— 9,95	712,59	716,03	+ 7,39	+ 0,56	+ 0,6	+12,9	657	— 61	280	930	1,0	2	var.	1,5	0,87	5,9	7,0	— 0,3	89,8
2	715,37	— 9,15	713,21	719,09	+ 5,87	— 1,10	+ 3,4	+ 9,0	799	+ 83	370	980	4,1	5	var.	5,0	0,97	0,0	7,2	— 0,1	92,0
3	721,94	— 2,57	719,37	724,83	+ 4,80	— 2,30	+ 0,1	+ 9,6	689	— 25	400	950	0,0	..	NNE. 2	13,0	0,72	8,6	...	.....	94,0
4	726,89	+ 2,39	725,35	727,98	+ 5,37	— 1,87	+ 0,2	+ 9,2	713	0	490	910	...	..	var.	1,5	1,00	0,0	7,4	— 0,1	91,8
5	727,44	+ 2,95	726,79	728,15	+ 7,03	— 0,35	+ 4,5	+11,3	665	— 46	440	800	...	..	NNE. 2	10,8	0,90	4,1	7,3	— 0,3	92,5
6	730,00	+ 5,51	728,14	732,33	+ 6,40	— 1,11	+ 2,9	+11,2	602	—108	390	780	...	..	N. 1	5,8	0,28	8,9	7,7	0,0	91,2
7	733,74	+ 9,26	732,69	734,53	+ 7,44	— 0,21	+ 0,9	+14,1	624	— 84	370	890	...	..	N. 1	3,3	0,00	10,7	7,8	+ 0,1	90,5
8	733,90	+ 9,42	732,69	735,00	+ 8,99	+ 1,20	+ 1,9	+16,7	521	—186	230	810	...	..	N. 1	2,9	0,00	10,8	8,0	+ 0,2	90,0
9	733,04	+ 8,56	731,79	734,06	+11,87	+ 3,94	+ 2,5	+20,9	543	—163	320	800	...	..	SSW. 1	4,8	0,50	9,2	8,1	+ 0,2	90,0
10	730,36	+ 5,87	728,91	732,62	+15,38	+ 7,31	+10,3	+20,7	455	—240	340	560	...	..	SSW. 1	9,4	0,95	3,6	...	.....	92,0
11	726,11	+ 1,62	721,67	729,13	+14,97	+ 6,76	+11,6	+20,0	489	—214	300	670	0,1	..	SSW. 2	12,1	0,53	8,0	9,2	+ 1,1	92,0
12	724,34	— 0,16	720,76	727,24	+10,08	+ 1,73	+ 6,3	+12,8	566	—136	380	800	6,8	6	var.	15,2	0,83	7,0	9,0	+ 0,8	90,0
13	729,36	+ 4,85	727,30	730,51	+ 6,51	— 1,98	+ 3,4	+10,9	706	+ 5	510	870	1,0	1	var.	5,8	0,72	2,4	7,8	— 0,5	98,2
14	728,59	+ 4,07	726,00	730,54	+ 6,76	— 1,87	+ 0,1	+13,2	704	+ 4	390	1000	...	..	var.	1,9	0,72	10,3	7,7	— 0,7	91,8
15	725,86	+ 1,33	725,18	726,94	+10,61	+ 1,84	+ 6,9	+15,5	616	— 84	410	780	0,0	..	SSW. 1	7,3	0,97	2,9	7,9	— 0,6	95,2
16	724,21	— 0,34	723,34	725,78	+ 8,68	— 0,23	+ 6,8	+12,1	908	+209	790	980	10,1	10	var.	8,3	1,00	0,0	8,0	— 0,6	91,8
17	720,47	— 4,39	713,68	725,02	+ 8,47	— 0,58	+ 6,9	+11,3	861	+163	710	990	3,9	4	NNE. 1	10,0	1,00	0,0	...	.....	92,0
18	718,12	— 6,46	712,92	723,09	+ 8,34	— 0,85	+ 6,5	+10,0	880	+183	840	940	6,7	7	SSW. 1	7,7	0,85	0,0	8,0	— 0,8	91,5
19	725,73	+ 1,13	723,53	728,79	+ 9,35	+ 0,01	+ 3,3	+17,2	739	+ 42	360	980	3,5	4	SSW. 1	9,2	0,88	7,8	7,9	— 1,0	92,0
20	728,08	+ 3,46	727,15	728,64	+10,35	+ 0,87	+ 6,9	+17,0	750	+ 54	540	940	0,9	1	N. 1	6,0	0,78	9,1	8,8	— 0,1	91,5
21	726,17	+ 1,53	723,10	728,69	+10,84	+ 1,22	+ 5,9	+16,5	695	— 1	500	860	...	..	N. 1	5,6	0,80	8,0	8,9	— 0,2	90,2
22	720,89	— 3,78	719,67	722,87	+ 9,98	+ 0,22	+ 8,6	+13,2	803	+108	640	970	4,5	9	var.	7,3	1,00	0,0	8,7	— 0,5	91,0
23	721,68	— 3,01	719,70	726,67	+ 9,31	— 0,60	+ 7,7	+12,0	744	+ 46	630	850	0,0	..	NNE. 2	15,8	1,00	0,0	9,1	— 0,2	91,2
24	725,56	+ 0,84	724,36	726,67	+10,31	+ 0,26	+ 8,1	+14,0	690	— 5	510	820	...	..	NNE. 1	8,3	0,42	6,5	...	.....	92,0
25	725,58	+ 0,83	723,71	726,98	+10,10	— 0,10	+ 4,9	+15,4	786	+ 91	590	950	...	..	N. 1	4,4	0,67	6,1	9,3	— 0,2	91,5
26	721,12	— 3,66	719,60	723,37	+12,36	+ 2,02	+ 8,8	+17,9	787	+ 93	570	920	0,6	2	SSW. 1	4,8	0,98	2,1	10,1	+ 0,5	91,7
27	718,16	— 6,65	716,24	719,63	+12,72	+ 2,24	+10,2	+18,8	829	+135	570	980	10,9	7	N. 1	4,2	0,98	3,4	10,0	+ 0,3	93,6
28	719,74	— 5,10	718,01	721,51	+10,96	+ 0,33	+ 9,7	+13,6	904	+210	780	980	13,4	13	SSW. 1	5,0	1,00	0,0	10,1	+ 0,3	93,0
29	721,62	— 3,26	720,50	724,36	+11,11	+ 0,34	+ 7,9	+16,8	801	+107	500	960	6,8	6	var.	4,6	0,90	5,0	10,0	+ 0,1	97,1
30	725,47	+ 0,56	724,29	727,40	+13,70	+ 2,78	+ 6,4	+21,5	668	— 26	350	960	...	..	SSW. 1	6,7	0,42	12,0	10,3	+ 0,3	96,0
Mois	724,79	+ 0,02			+ 9,54	+ 0,57			706	+ 9						6,94	0,75		8,51	—0,27	92,24

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1898

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,41	726,44	726,80	727,11	726,61	726,20	726,84	727,39
2e »	725,04	724,96	725,37	725,52	724,95	724,71	724,71	725,18
3e »	722,69	722,60	722,93	722,88	722,30	722,00	722,48	722,92
Mois	724,71	724,67	725,04	725,17	724,62	724,31	724,68	725,16

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 4,76	+ 3,42	+ 4,21	+ 9,18	+ 11,82	+ 12,57	+ 10,56	+ 7,91
2e »	+ 7,84	+ 6,91	+ 7,21	+ 10,52	+ 12,03	+ 12,18	+ 10,09	+ 8,52
3e »	+ 9,30	+ 8,28	+ 9,15	+ 11,66	+ 14,17	+ 14,10	+ 12,02	+ 10,44
Mois	+ 7,30	+ 6,20	+ 6,86	+ 10,45	+ 12,67	+ 12,95	+ 10,89	+ 8,92

Fraction de saturation en millièmes.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade	733	800	836	592	434	435	532	652
2e »	830	873	821	662	583	561	677	768
3e »	843	889	877	742	616	637	744	815
Mois	802	854	845	665	544	544	651	745

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	+ 2,73	+ 13,56	+ 7,56	0,62	61,7	5,80	5,1	91,38
2e »	+ 5,87	+ 14,00	+ 8,26	0,83	47,5	8,35	33,0	92,60
3e »	+ 7,82	+ 15,97	+ 9,61	0,82	43,2	6,67	36,2	92,73
Mois	+ 5,47	+ 14,51	+ 8,51	0,75	152,4	6,94	74,3	92 24

Dans ce mois l'air a été calme 27,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 1,78 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 15°,0 W. et son intensité est égale à 19,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1898.

Le 1er, brouillard à 7 h. du matin; neige à 7 h. et à 10 h. du soir; hauteur : 13cm,0.
2, neige à 7 h. du matin et à 7 h. du soir; brouillard de 10 h. du matin à 4 h. du soir et à 10 h. du soir.
3, neige à 7 h. du matin; brouillard depuis 10 h. du matin à 10 h. du soir.
4, brouillard pendant tout le jour.
5, brouillard à 10 h. du matin et à 7 h. du soir.
6, neige depuis 7 h. à 10 h. du matin.
12, neige à 7 h. du matin; brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. à 10 h. du soir.
13, brouillard pendant tout le jour.
15, neige à 7 h. du matin; brouillard depuis 7 h. à 10 h. du soir.
16, brouillard de 7 h. à 10 h. du matin et depuis 4 h. à 7 h. du soir; neige à 1 h. et à 10 h. du soir; hauteur : 6cm,0.
17, neige à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir; neige à 10 h. du soir; hauteur : 24cm,0.
18, neige à 1 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir.
19, brouillard à 7 h. du matin et à 7 h. du soir; neige à 4 h. et à 10 h. du soir.
21, neige depuis 7 h. à 10 h. du soir.
22, neige à 7 h. du matin et à 7 h. du soir; hauteur : 15cm,0.
23, brouillard pendant tout le jour.
25, brouillard à 7 h. du soir.
26, brouillard depuis 7 h. à 10 h. du matin; brouillard à 10 h. du soir; fort vent depuis 10 h. du matin à 10 h. du soir.
27, brouillard depuis 7 h. du matin à 7 h. du soir; vent dans l'après-midi.
28, brouillard depuis 7 h. du matin à 7 h. du soir; neige à 10 h. du soir.
29, neige depuis 7 h. à 10 h. du matin; hauteur : 28cm,0; brouillard depuis 7 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 11 h. soir	553,48	Le 2 à 7 h. matin	549.72
8 à 9 h. soir	570.65	6 à 1 h. matin	562.69
12 à minuit	560.87	8 à 4 h. matin	570,10
15 à 1 h. matin	565,48	12 à 7 h. matin	558,84
18 à 11 h. soir	560,41	15 à 4 h. soir	563,93
21 à 11 h matin	566 34	20 à 4 h. matin	564,51
25 à 1 h. soir	564,86	22 à 10 h. soir	557,22
28 à 10 h. soir	559,76	25 à 7 h. soir	564,40
30 à 11 h. soir	566,93	27 à 4 h. soir	558,82

SAINT-BERNARD. — AVRIL 1898

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	cm	mm				
1	553,81	— 6,54	551,11	555,40	— 4,72	+ 0,76	— 6,8	— 0,3	13,0	20,5	....	NE.	1	0,77
2	551,29	— 9,11	549,72	553,48	— 8,67	— 3,31	—12,6	— 4,9	.....	.....	....	NE.	2	1,00
3	555,52	— 4,94	553,50	558,10	— 9,95	— 4,71	—11,8	— 7,9	.....	.....	....	NE.	1	1,00
4	559,60	— 0,92	558,10	561,44	— 9,78	— 4,66	—12,6	— 7,2	.....	.....	....	NE.	2	1,00
5	561,72	+ 1,14	561,18	562,40	— 7,67	— 2,68	—10,6	— 4,3	.....	.....	....	NE.	1	0,53
6	564,71	+ 4,07	562,69	567,10	— 5,12	— 0,26	— 8,8	— 0,8	.....	.....	....	SW.	1	0,62
7	569,00	+ 8,29	567,19	570,59	— 2,57	+ 2,17	—10,0	+ 3,3	.....	.....	....	NE.	1	0,00
8	570,35	+ 9,57	570,10	570,65	+ 0,73	+ 5,34	— 4,8	+ 7,2	.....	.....	....	var.		0,00
9	570,24	+ 9,39	570,02	570,40	+ 0,97	+ 5,45	— 3,0	+ 7,3	.....	.....	....	NE.	1	0,15
10	568,55	+ 7,63	567,32	570,08	+ 1,48	+ 5,83	— 2,3	+ 7,3	.....	.....	....	NE.	1	0,38
11	564,34	+ 3,35	560,57	566,80	+ 1,02	+ 5,24	— 2,3	+ 6,6	.....	.....	....	NE.	1	0,17
12	559,83	— 1,23	558,84	560,87	— 6,38	— 2,29	— 9,8	— 1,3	.....	.....	....	NE.	2	0,80
13	561,67	+ 0,53	560,20	563,80	— 9,47	— 5,51	—10,8	— 7,3	.....	.....	....	NE.	2	1,00
14	564,45	+ 3,23	563,30	565,65	— 1,82	+ 2,01	—11,2	+ 3,7	.....	.....	....	NE.	1	0,02
15	564,63	+ 3,33	563,93	565,48	— 3,97	— 0,28	— 5,4	— 1,0	.....	.....	....	SW.	2	0,93
16	562,22	+ 0,84	561,72	563,52	— 4,57	— 1,02	— 5,3	— 2,8	6,0	16,5	....	SW.	1	1,00
17	558,96	— 2,50	555,97	561,90	— 4,00	— 0,59	— 4,9	— 2,5	24,0	25,0	....	SW.	2	1,00
18	557,02	— 4,52	555,54	560,41	— 2,95	+ 0,32	— 5,0	+ 1,9	.....	.....	....	var.		0,77
19	563,07	+ 1,45	560,59	564,90	— 2,37	+ 0,76	— 5,0	+ 1,5	.....	.....	....	SW.	1	0,87
20	565,08	+ 3,37	564,51	566,01	— 1,83	+ 1,16	— 4,8	+ 2,7	.....	.....	....	SW.	1	0,33
21	564,17	+ 2,37	561,71	566,34	— 2,10	+ 0,75	— 5,0	+ 1,2	0,0	0,0	....	SW.	1	0,83
22	558,72	— 3,17	557,22	561,39	— 0,33	+ 2,38	— 4,0	+ 5,9	15,0	19,7	....	NE.	1	0,88
23	558,68	— 3,30	557,25	561,28	— 2,08	+ 0,49	— 4,0	+ 4,6	.....	.....	....	NE.	1	1,00
24	563,20	+ 1,13	561,40	564,79	+ 1,75	+ 4,18	— 3,6	+ 6,9	.....	.....	....	NE.	1	0,47
25	564,65	+ 2,49	564,40	564,86	+ 0,92	+ 3,21	— 1,3	+ 4,6	.....	.....	....	SW.	2	0,72
26	561,85	— 0,40	560,45	564,17	— 1,67	+ 0,47	— 6,2	+ 0,7	.....	.....	....	SW.	2	0,88
27	559,41	— 2,93	558,82	560,38	— 0,83	+ 1,16	— 2,3	+ 1,9	.....	.....	....	SW.	1	0,97
28	559,35	— 3,08	559,06	559,76	— 0,98	+ 0,87	— 1,8	+ 1,3	28,0	39,3	....	SW.	1	1,00
29	559,71	— 2,81	558,75	561,64	— 1,00	+ 0,71	— 3,8	+ 3,7	.....	.....	....	NE.	1	0,77
30	564,39	+ 1,77	561,83	566,93	+ 1,78	+ 3,35	— 5,3	+ 8,6	.....	.....	....	var.		0,22
Mois	562,01	+ 0,38			— 2,87	+ 0,40								0,67

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1898.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	561,97	561,79	562,01	562,39	562,58	562,68	563,09	563,31
2e » ...	562,29	561,92	561,86	562,10	562,19	562,06	562,24	562,36
3e » ...	561,58	561,32	561,05	561,28	561,33	561,37	561,60	561,77
Mois	561,95	561,68	561,64	561,92	562,03	562,04	562,31	562,48

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 7,28	— 3,43	— 0,44	— 1,54	— 5,18	— 5,63
2e » ...	— 5,04	— 2,13	— 1,04	— 1,81	— 3,57	— 4,54
3e » ...	— 2,76	+ 1,43	+ 3,18	+ 2,05	— 1,19	— 1,77
Mois	— 5,03	— 1,38	+ 0,57	— 0,43	— 3,31	— 3,98

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 8,33	— 0,03	0,54	20,5	13
2e » ...	— 6,45	+ 0,15	0,69	41,5	30
3e » ...	— 3,73	+ 3,94	0,77	59,0	43
Mois	— 6,17	+ 1,35	0,67	121,0	86

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 1,26 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 11,6 sur 100.

CINÉMATIQUE DES FLUIDES

PREMIÈRE NOTE

MOUVEMENT D'UN FLUIDE DANS UN PLAN

PAR

René de SAUSSURE.

(Avec la planche VI.)

La *cinématique* ou science du mouvement est une science récente, car autrefois elle était pour ainsi dire noyée dans la dynamique. Mais on considère toujours la cinématique comme une branche de la mécanique rationnelle, quoique le mouvement considéré en lui-même et indépendamment de ses causes ne soit qu'un changement de position qui n'implique que des relations spatiales et par conséquent géométriques. C'est à Chasles que l'on doit la première théorie géométrique du mouvement des corps, théorie qui a été développée depuis par plusieurs auteurs, parmi lesquels on peut citer Mannheim en France, R. S. Ball en Angleterre, Schœnflies en Allemagne, etc.

Mais si la cinématique des corps rigides a conquis une place à part dans la science, il n'en est pas de même pour les corps fluides ; ce que l'on sait du mouvement des

fluides ne se trouve que dans les traités d'hydrodynamique et l'on n'entend guère parler d'*hydrocinématique*. L'étude d'un fluide en mouvement et considéré indépendamment des forces produisant ce mouvement, n'implique pourtant aussi que des relations géométriques, c'est pourquoi nous avons cherché à étendre les idées de Chasles aux corps fluides [1].

Il est naturel de commencer par étudier le mouvement plan d'un fluide, c'est-à-dire le mouvement d'une couche très mince d'un fluide répandu sur un plan. On constate alors que le mouvement de ce fluide est défini au moyen du même élément géométrique que le mouvement d'une figure plane rigide.

Cet élément, qu'on peut appeler un *point dirigé*, consiste en un point M et une direction D issue de ce point. Dans le plan, un point dirigé est l'expression la plus simple d'une figure rigide, car pour définir la position d'une telle figure, il suffit d'en connaître un point et une droite affectée d'un sens. Si la figure subit un déplacement quelconque, le point dirigé (MD) qui sert à la définir, prendra une série de positions consécutives, donc :

1° *Toute série continue de points dirigés, en nombre simplement infini, représente un mouvement rigide dans le plan et réciproquement.*

Considérons maintenant le mouvement plan d'un fluide : chaque point M du fluide possède au moment

[1] Les premiers principes de cette théorie ont déjà été publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. (Janvier 1898), les *Johns Hopkins University Circulars* Baltimore, Md. (1898) et le *Bulletin of the Catholic University of America*, Washington, D. C. (Avril 1898).

considéré, un mouvement dans une certaine direction D : on peut donc dire que chaque molécule du fluide est un point dirigé (MD) et comme il y a une molécule en chaque point du plan, leur nombre est doublement infini, donc :

2° *Tout système continu de points dirigés, en nombre doublement infini, représente un mouvement fluide dans le plan et réciproquement.*

Ainsi dans le plan, le point dirigé est l'élément géométrique commun au mouvement rigide et au mouvement fluide, de même qu'en géométrie le *point* est l'élément commun aux lignes et aux surfaces. En effet, il faut trois constantes pour définir la position d'un point dirigé dans le plan, de même qu'il faut trois coordonnées pour déterminer un point dans l'espace ; le mouvement rigide, contenant une série simplement infinie de points dirigés, correspondra dans l'espace à une courbe gauche, tandis que le mouvement fluide, qui en contient une double infinité, correspondra à une surface. Or pour étudier les lignes et les surfaces, on se sert de la ligne droite comme ligne type et du plan comme surface type ; nous sommes donc conduits à chercher un mouvement rigide et un mouvement fluide pouvant servir de types à tous les autres.

Le mouvement rigide type est déjà connu, c'est la *rotation*. Chasles a montré en effet, qu'étant données deux positions quelconques d'une figure dans le plan, on peut toujours passer de la première position à la seconde au moyen d'une simple rotation, ce que nous exprimerons en disant que : *par deux points dirigés* (MD) *et* ($M'D'$), *situés d'une manière quelconque dans le plan, on peut faire passer une rotation et une seule,* de même que par deux

points de l'espace on peut faire passer une ligne droite et une seule. Pour déterminer le centre de cette rotation, on prolonge les droites D et D' jusqu'à leur point de rencontre N (fig. 1); on mène la bissectrice de l'angle ainsi formé ou

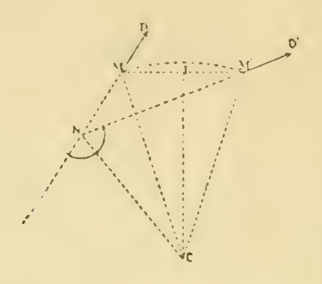


Fig. 1.

de son supplément (suivant le sens relatif des directions D et D' par rapport au point N); le centre de rotation est le point C où cette bissectrice coupe la perpendiculaire élevée sur le milieu de la droite MM.

La rotation joue donc dans la géométrie plane des points dirigés, le même rôle que la ligne droite dans la géométrie des points de l'espace ; ainsi on peut considérer tout déplacement d'une figure rigide comme une succession de rotations infiniment petites, de même que l'on peut assimiler une courbe gauche à un polygone dont les côtés seraient infiniment petits. En prolongeant ces côtés, on obtient des tangentes à la courbe gauche et l'on peut dire aussi qu'en prolongeant les rotations on obtient des rotations tangentes au déplacement donné ; les centres de ces rotations tangentes ont reçu le nom de *centres instantanés*.

Une courbe gauche n'est jamais complètement déterminée par un nombre fini de points, mais si l'on réunit

ces points de deux en deux par des lignes droites, on obtient une ligne brisée qui se rapproche d'autant plus de la courbe gauche que le nombre des points donnés est plus grand ; de la même manière, pour avoir une idée du mouvement décrit dans un plan par un point dirigé, lorsqu'on connaît un certain nombre de positions (MD), ($M'D'$), ($M''D''$) etc., par lesquelles la figure a passé (fig. 2), on peut déterminer les centres de rotation C, C', C'',

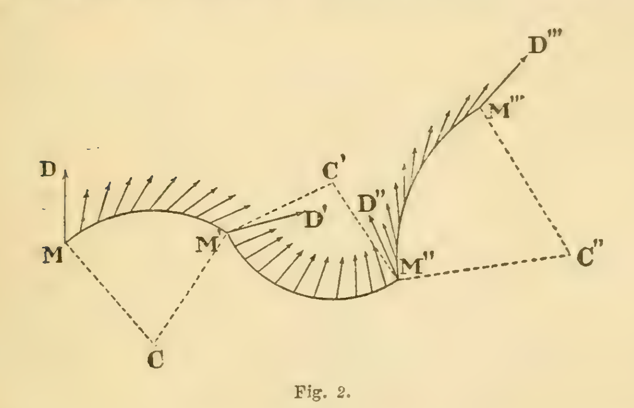


Fig. 2.

etc. correspondant à deux positions connues consécutives et substituer ces rotations au mouvement réel.

Passons maintenant au mouvement fluide : ce mouvement est défini par un système de points dirigés en nombre doublement infini ou plus simplement par une famille de courbes formant une série continue. Ces deux définitions sont équivalentes, car une famille de courbes détermine par ses tangentes une double infinité de points dirigés ; les différentes courbes de la famille sont alors les *lignes de flux* du mouvement.

Si l'on compare la position d'un point dirigé dans le plan à celle d'un point ordinaire dans l'espace, nous avons

vu qu'un mouvement fluide correspond à une surface ; et comme dans l'espace, la surface type est une surface plane, on devra choisir comme type de mouvement fluide un système de points dirigés jouissant de propriétés analogues à celles des points de l'espace situés dans un même plan. Nous allons montrer que ce mouvement fluide est celui dont les lignes de flux forment un *système circulaire* ; nous appelons ainsi un système de cercles tangents entre eux au même point A (fig. 3) ; la tangente

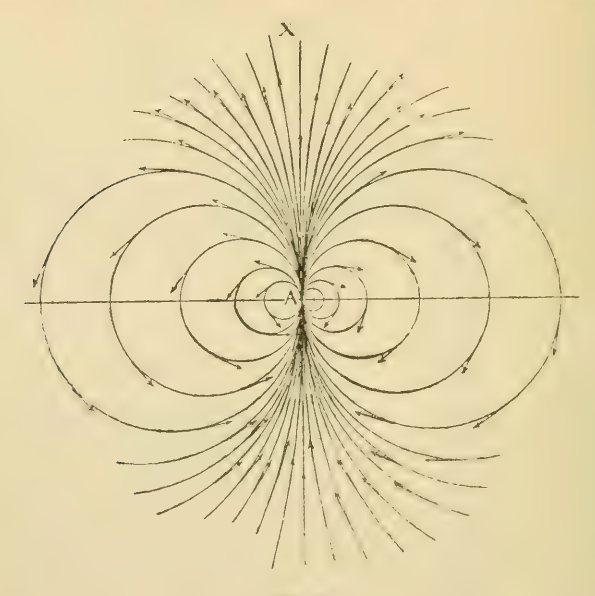


Fig. 3.

AX commune à tous les cercles est l'*axe* du système et le point A en est le *centre*. Un système circulaire est complètement déterminé lorsqu'on connaît son centre et son axe : au centre du système, la direction du point dirigé est indéterminée.

Les propriétés d'un système circulaire sont analogues à celles d'une surface plane dans l'espace. En effet, un plan est une surface telle que si l'on en joint deux points quelconques par une ligne droite (c'est-à-dire par la ligne type), celle-ci est tout entière située dans le plan ; or on sait que le mouvement rigide type est la rotation et il est aisé de voir que *si l'on prend deux points dirigés quelconques appartenant à un même système circulaire, toute la rotation qui passe par ces deux points appartient aussi au système :*

Soient (MD) et $(M'D')$ deux points dirigés pris au hasard dans un système circulaire (fig. 4); par le

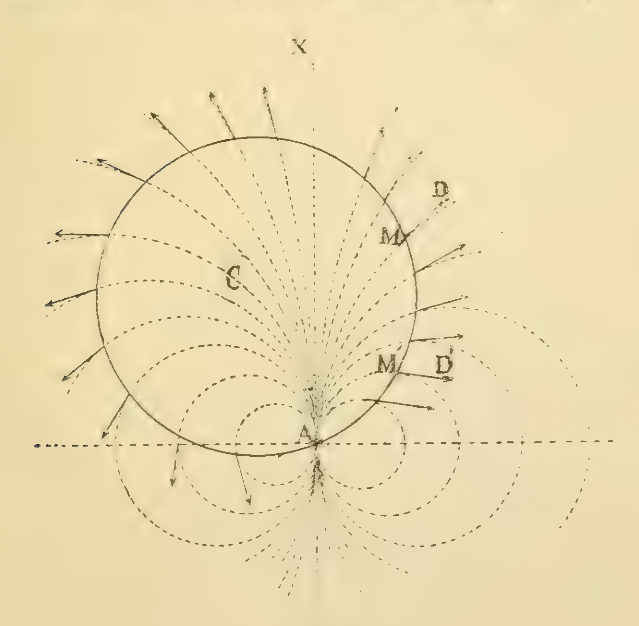


Fig. 4.

centre A et par les points M et M' on peut toujours faire passer un cercle. Ce cercle coupera tous les cercles du

système sous le même angle, car deux cercles se coupent toujours sous le même angle en leurs deux points d'intersection, et comme le cercle $AM'M$ rencontre tous les cercles du système au point A sous le même angle, il les rencontrera tous de nouveau sous le même angle. Il en résulte que les points dirigés (MD) et $(M'D')$ sont également inclinés sur le cercle $AM'M$; le centre C de ce cercle est donc le centre de la rotation passant par ces deux points dirigés; or si l'on faisait tourner le point dirigé MD autour du point C, le point M décrirait le cercle $MM'A$ et la droite D resterait également inclinée sur ce cercle; toutes les positions que prendrait ce point dirigé pendant la rotation appartiennent donc au système circulaire, ce qui démontre le théorème et l'on peut ajouter que *la rotation qui joint deux points dirigés d'un système circulaire passe toujours par le centre* A *du système.*

Les systèmes circulaires présentent d'ailleurs d'autres analogies avec les surfaces planes; ainsi par trois points de l'espace, non situés en ligne droite, on peut faire passer un plan et un seul, de même : *par trois points dirigés, non situés sur une même rotation, on peut faire passer un système circulaire et un seul.*

Soient (MD), $(M'D')$ et $(M''D'')$ trois points dirigés donnés arbitrairement dans le plan (fig. 5). Ces points déterminent deux à deux trois rotations, qui, d'après ce qu'on vient de voir, appartiennent toutes au système circulaire cherché et de plus passent toutes par le centre de celui-ci. Si donc C' est le centre de la rotation MM'' et C'' celui de la rotation MM', on obtiendra le centre A du système circulaire en prolongeant les arcs MM'' et MM'; quant à l'axe du système, c'est la droite AX symétrique du point dirigé MD par rapport au rayon AM, car on peut voir sur la figure 6 qu'en tout point d'un

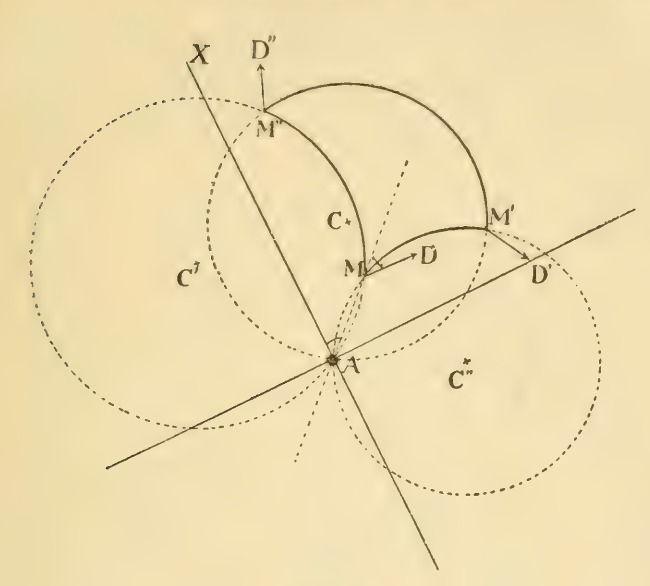


Fig. 5.

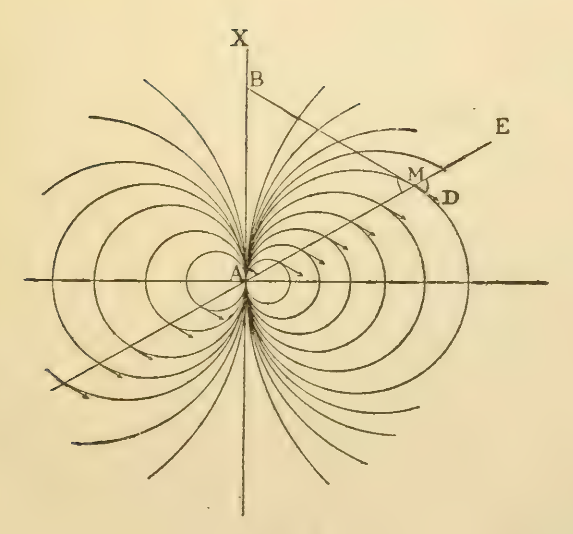


Fig. 6.

système circulaire l'angle EMD est égal à l'angle MAX puisque la droite AM est la corde des tangentes BA et BM. Le problème n'a qu'une solution tant que les trois points dirigés donnés n'appartiennent pas à une même rotation.

On peut remarquer dans ce qui précède que l'une des trois rotations est la résultante des deux autres et comme toutes les trois passent par le même point, le triangle curviligne $MM'M''$ permet de composer les rotations comme les translations; car si l'on a tracé les arcs $M''M$ et MM' décrits par un point quelconque du plan pendant les deux rotations composantes, on obtiendra le point A en prolongeant ces arcs et il ne restera plus qu'à faire passer un cercle par les points M'', M' et A pour déterminer la rotation résultante en grandeur et en position; lorsque le point A est à l'infini on retrouve le triangle des translations.

Le triangle curviligne $MM'M''$ a encore ceci de remarquable que la somme de ses angles est toujours égale à deux angles droits, car si l'on transforme la figure par rayons vecteurs réciproques en prenant pour centre le point A commun aux trois côtés du triangle, ces trois côtés seront transformés en lignes droites sans que les angles de la figure soient altérés.

Enfin, de même que l'intersection de deux plans dans l'espace est une ligne droite, de même *l'intersection de deux systèmes circulaires est toujours une rotation*, c'est-à-dire que le lieu des points dirigés communs aux deux systèmes est une rotation. En effet si (MD) et $(M'D')$ sont des points dirigés communs à deux systèmes circulaires (fig. 7), toute la rotation qui passe par ces deux éléments appartient aussi aux deux systèmes, d'après la propriété

fondamentale de ceux-ci; d'autre part les systèmes ne peuvent avoir d'autres éléments communs sans coïncider, puisqu'ils auraient alors en commun au moins trois

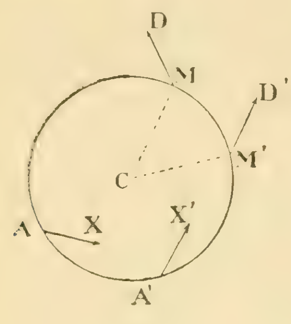


Fig. 7.

points dirigés non situés sur une même rotation. On remarquera que la rotation commune à deux systèmes circulaires passe par les centres A et A' de ces systèmes; d'ailleurs les axes AX et $A'X'$ sont respectivement symétriques du point dirigé MD par rapport aux cordes AM et $A'M$; les droites X et X' sont donc également inclinées sur le cercle $AA'MM'$, c'est-à-dire que si l'on regarde les éléments (AX) et $(A'X')$ comme des points dirigés, ces éléments ont le même centre de rotation que les points dirigés (MD) et $(M'D')$ et comme les droites X font avec ce cercle le même angle que les droites D mais en sens opposé, on voit que pour trouver la rotation commune à deux systèmes circulaires donnés par leurs centres et leurs axes, il suffit de regarder ces centres munis de leurs axes comme deux points dirigés (AX) et $(A'X')$ et de déterminer le centre de rotation correspondant.

Reprenons trois points dirigés (MD), $(M'D')$, $(M''D'')$, (fig. 8) et déterminons comme précédemment le triangle

curviligne $MM'M''$ ainsi que le centre A et l'axe X du système circulaire qui passe par ces trois éléments. Supposons tous les cercles du système tracés; ces cercles déterminent un mouvement fluide qui, aux points M, M' et M'' est dirigé précisément suivant les directions données D, D' et D'' [1]. Limitons maintenant ce mouvement

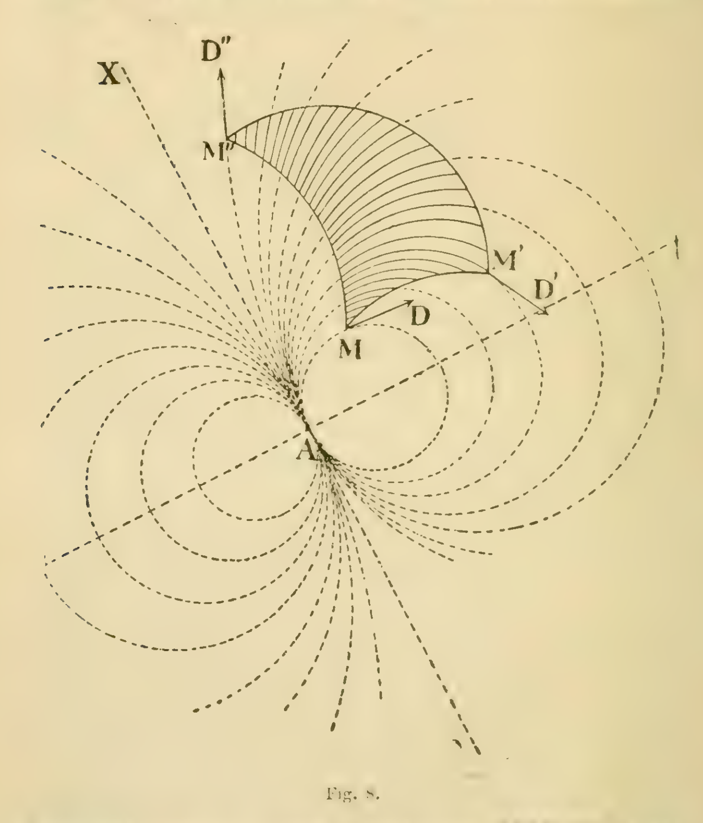


Fig. 8.

fluide aux côtés du triangle curviligne $MM'M''$ (ainsi que le montrent les traits pleins de la fig. 8), nous obte-

[1] Déterminer le système circulaire passant par trois points dirigés (MD), $(M'D')$, $(M''D'')$ revient à tracer trois cercles tangents entre eux et qui touchent respectivement les droites D, D', D''

nons ainsi entre les trois points donnés un flux d'espèce particulière, à laquelle nous donnerons le nom de *flux circulaire.* Ainsi, de même que deux points dirigés déterminent une rotation possédant un certain centre, de même trois points dirigés déterminent un flux circulaire possédant aussi un centre A : on dira que le point A est le *centre de flux* relatif aux trois points dirigés donnés et que la droite AX est l'*axe de flux.*

Supposons maintenant que l'on ait déterminé par l'expérience la direction du flux d'un fluide en un certain nombre de points 1, 2, 3, etc. (fig. 9). En réunissant deux à deux ces points dirigés par des rotations, on formera un réseau de triangles curvilignes et si l'on détermine comme précédemment le flux circulaire qui remplit chacun de ces triangles, on trouvera que tous ces flux se raccordent pour former un flux unique (fig. 10) qui représentera assez exactement le mouvement réel du fluide, puisque ce flux a précisément la direction voulue en tous les points donnés [1]. Il est facile de voir pourquoi les différents flux circulaires se raccordent : deux triangles adjacents ayant toujours deux sommets communs, les flux qui remplissent ces triangles ont même point dirigé en ces

aux points M, M', M''. Ce problème a quatre solutions; on peut en effet changer les sens respectifs des droites D, D', D'' de quatre manières différentes. Il n'y a donc bien qu'une solution dès que le sens de chaque droite est donné.

[1] Dans la fig. 9 les nombres à un chiffre tels que 1, 2, 3, etc. désignent les points du fluide dont on connaît le mouvement ; les nombres à deux chiffres, tel que 56 par exemple, désignent le centre de la rotation correspondante. c'est-à-dire de la rotation qui réunit le point *5* au point *6* ; enfin un nombre à trois chiffres, tel que 245 désigne le centre de flux du triangle dont les sommets sont les points 2, 4 et 5.

sommets, c'est-à-dire qûe l'intersection de ces flux est la rotation qui joint ces deux sommets ; les deux flux ont donc même point dirigé tout le long de l'arc de cercel

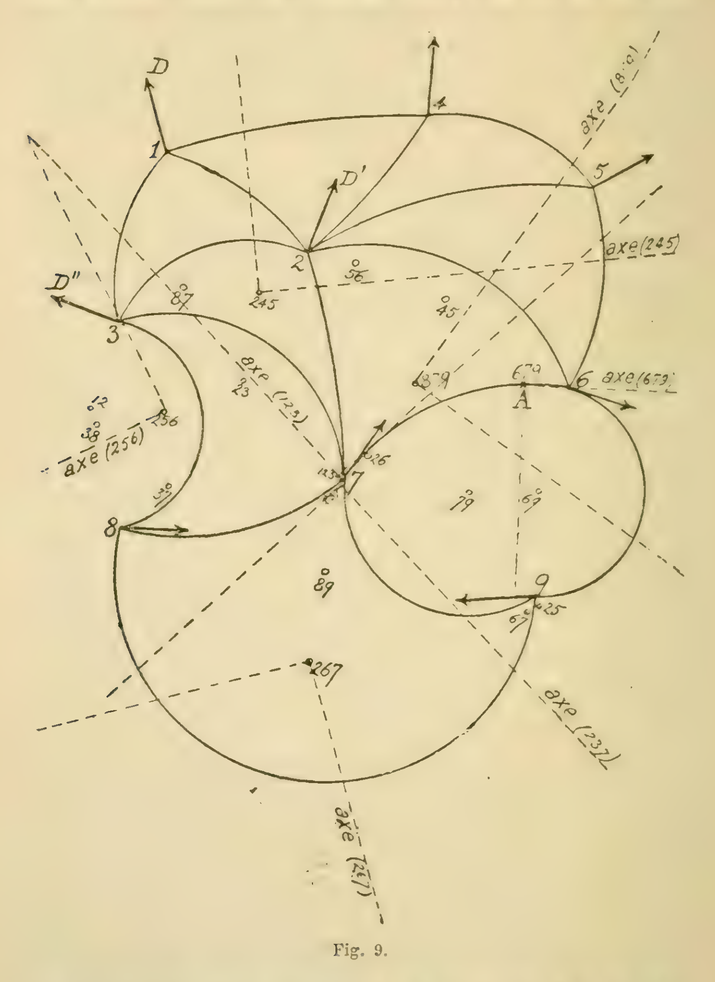


Fig. 9.

qui forme leur côté commun et par suite ces flux se raccordent.

Lorsqu'on détermine le flux circulaire entre trois

points dirigés donnés, le centre de flux tombe en général en dehors du triangle curviligne déterminé par ces trois points ; mais il peut arriver que ce centre tombe sur l'un

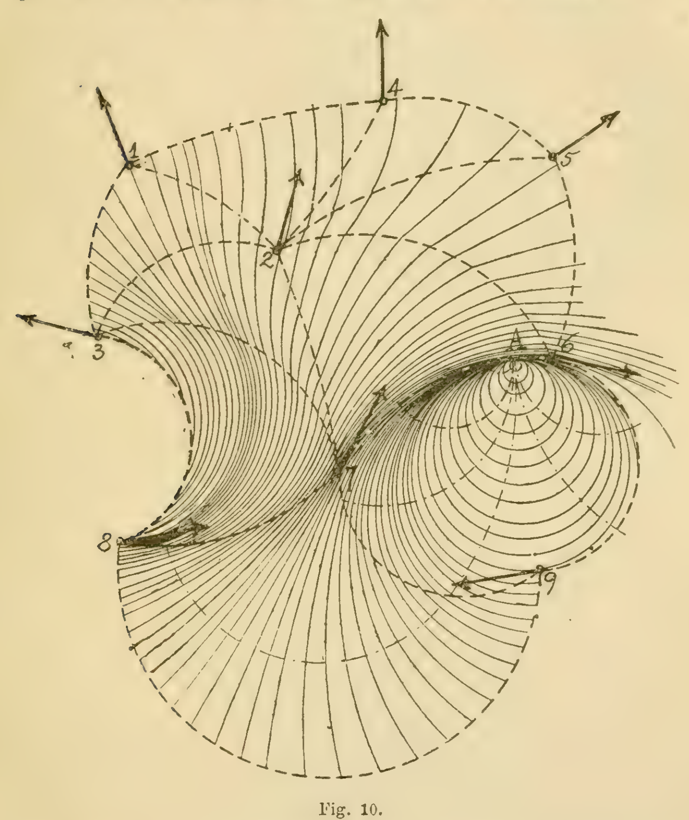


Fig. 10.

des côtés du triangle : le flux circulaire prend alors l'aspect d'un tourbillon. Ce cas se présente pour le triangle *679* de la fig. 10 ; le centre de flux *A* de ce triangle se trouvant sur le côté *67* et non sur son prolongement. La figure 11 montre d'une façon plus claire ce qui se passe lorsque le fluide tourbillonne autour d'un point et comment le flux du triangle qui contient ce tourbillon se raccorde avec les flux des triangles adjacents.

Lorsqu'on fait tourner un système circulaire d'un

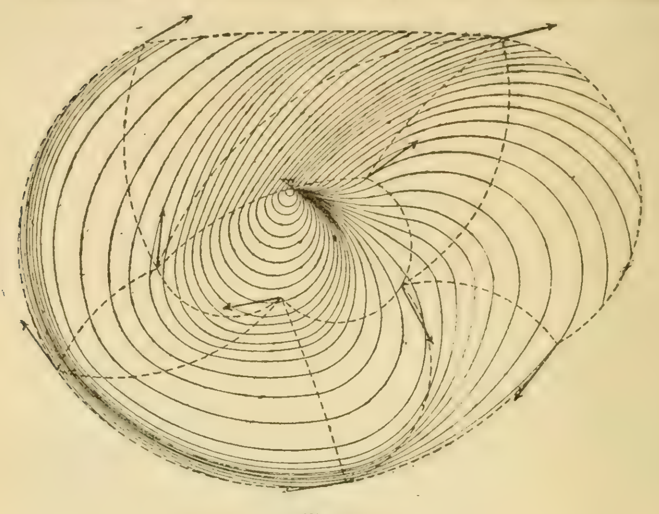


Fig. 11.

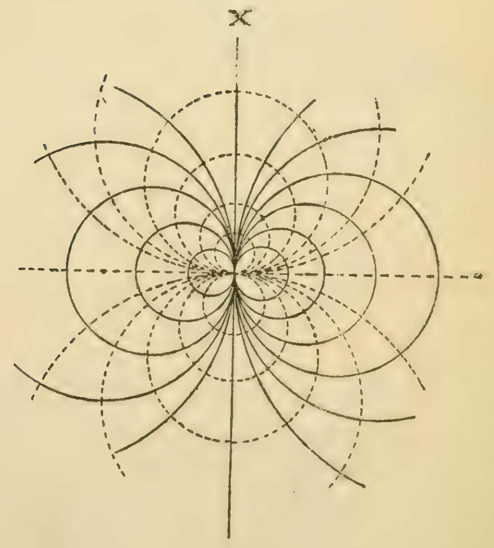


Fig. 12.

angle droit autour de son centre, on obtient un nouveau système, orthogonal au premier (fig. 12). Or tout flux

circulaire étant un fragment de système circulaire, il en sera de même de son flux orthogonal ; ces deux flux remplissent le même triangle et se déduisent facilement l'un de l'autre puisqu'ils ont même centre et que leurs axes sont perpendiculaires l'un sur l'autre. Si dans chaque triangle de la fig. 10 on déterminait le flux circulaire orthogonal, tous ces flux se raccorderaient et formeraient un flux continu orthogonal au premier flux.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons rien supposé sur la nature du fluide en mouvement ; ce fluide peut être un gaz ou un liquide, compressible ou incompressible. On peut par exemple se proposer de déterminer le mouvement du vent qui règne sur une contrée à peu près plate à un moment donné ; la planche VI représente la carte des Etats-Unis avec des flèches indiquant la direction du vent observée dans les principales villes le 25 janvier 1898 à la même heure ; ces données ont été tirées de la carte officielle que publie quotidiennement le Bureau Météorologique de Washington et en réunissant ces flèches de trois en trois par des flux circulaires, nous avons pu déterminer les lignes de flux de l'atmosphère ainsi que l'endroit où un cyclone s'était produit, car une forte tempête régnait alors aux Etats-Unis et l'on voit que le centre du tourbillon se trouvait à Saint-Louis, ville qui a été en effet fort endommagée ce jour-là. On remarquera l'existence d'un second tourbillon au point A (dans l'Etat du Wyoming), mais à cet endroit le vent n'était pas fort, car on voit par la direction des flèches que l'air se transportait du point A vers Saint-Louis et tandis que le baromètre présentait un minimum à Saint-Louis, il était maximum au point A ; il est probable que l'air ainsi accumulé à Saint-Louis montait verticalement et retour-

nait au point A par les régions supérieures de l'atmosphère pour recommencer ensuite le même trajet.

Pour déterminer le mouvement d'un fluide dont on connaît la direction en un certain nombre de points, il faut joindre ces points de trois en trois par des triangles curvilignes ; or cette opération peut se faire de plusieurs manières suivant les points que l'on groupe ensemble, mais les différents résultats que l'on pourrait obtenir différeront peu les uns des autres si l'on a soin de ne réunir chaque point dirigé qu'avec ceux qui sont les plus voisins. La même indétermination se rencontre du reste lorsqu'on veut faire passer une surface par un certain nombre de points dans l'espace : on peut former plusieurs polyèdres ayant ces points comme sommets, mais qui tous se rapprochent de la surface cherchée, si le nombre des points est suffisant et si l'on ne joint ensemble que les points voisins les uns des autres. D'ailleurs, lorsque les points donnés se rapprochent de plus en plus, l'indétermination disparaît, car les faces du polyèdre deviennent des plans tangents à la surface.

De même, si dans la figure 10 nous supposons que les triangles curvilignes deviennent infiniment petits, les flux circulaires deviendront *tangents* au mouvement réel du fluide, d'où le théorème général :

Toute partie infiniment petite d'un fluide en mouvement dans un plan est un fragment de système circulaire.

Ou encore :

En chaque point d'un fluide en mouvement dans un plan, il existe un système circulaire tangent ; le centre et l'axe de ce système circulaire seront désignés sous les noms de *centre* et *axe instantanés de flux* relatifs au point considéré dans le fluide. En chaque point M, le système circulaire

tangent est déterminé par la direction du mouvement du fluide en ce point et en deux autres points voisins M' et M'' d'ailleurs quelconques (pourvu qu'ils ne soient pas situés sur la même rotation) ; en effet la rotation $M'M''$ (fig. 13)

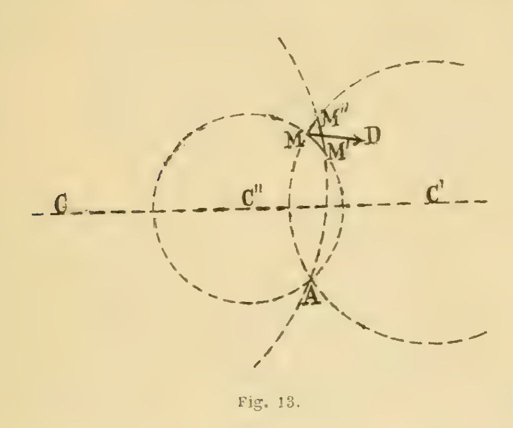


Fig. 13.

est la résultante des rotations $M''M$ et MM' et comme ces trois rotations sont infiniment petites, leurs centres C, C' et C'' sont en ligne droite ; si l'on déplace le point M' sur l'arc MM' la direction de l'élément $M'M''$ variera mais le centre correspondant C restera sur la droite $C'C''$, c'est-à-dire que la rotation $M'M''$ qui passe déjà par le point fixe M, à un infiniment petit près, passera toujours par un second point fixe A, symétrique du point M par rapport à la droite $C'C''$; donc tous les déplacements élémentaires que l'on peut faire subir au point dirigé (MD) autour du point M peuvent être considérés comme des rotations infiniment petites partant du point M et dont le prolongement passe par le point A. Il est

facile de voir que toutes ces rotations forment un système circulaire ayant son centre en A[1].

Si l'on prend le point M' sur la direction MD et le point M'' sur la direction perpendiculaire, les rotations MM' et MM'' coïncideront respectivement avec les cercles de courbure de la ligne de flux qui passe au point M et de la trajectoire orthogonale. Ces deux cercles se coupent donc à angle droit au centre instantané de flux A et l'axe instantané X est la tangente en A au premier cercle de courbure.

Le centre A et l'axe X peuvent être regardés comme un point dirigé (AX) et puisqu'à chaque point M du fluide correspond un centre dirigé, tel que (AX), l'ensemble de ces centres dirigés formera un nouveau flux qu'on peut appeler *flux dérivé* du mouvement donné. Ainsi :

Tout fluide en mouvement dans un plan détermine par ses centres instantanés un flux dérivé qui lui correspond point par point.

Montrons qu'il y a réciprocité entre le fluide donné et son flux dérivé: Soit (MD) un point dirigé appartenant au fluide (fig. 14) et *1, 2, 3,* trois points voisins. Construisons les triangles curvilignes $M23$, $M31$, $M12$; les centres de flux relatifs à ces triangles, sont les points A, A', A'' obtenus en prolongeant les arcs $M1, M2, M3$; les axes de flux X, X', X'' sont deux à deux également inclinés sur ces arcs et cette inclinaison est la même que celle de la droite D mais en sens opposé (voir fig. 7). Il

[1] C'est en déterminant ainsi toutes les rotations élémentaires que peut subir un point dirigé dans un fluide à partir d'une position donnée (MD) et prolongeant ces rotations que nous sommes arrivés à la notion du système circulaire.

en résulte que le triangle curviligne qui réunit les points A, A', A'' dans le flux dérivé coïncide avec le triangle A, A', A'' obtenu en prolongeant les arcs $M1, M2, M3$; le

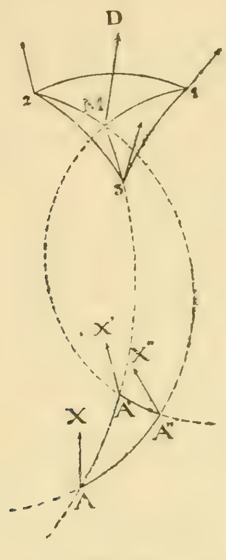


Fig. 14.

le centre de flux du triangle $AA'A''$ est donc le point M commun aux trois côtés de ce triangle et son axe de flux est la droite D puisque celle-ci fait avec ces côtés le même angle (en sens opposé) que les droites X.

On peut remarquer sur la figure 14 que la construction qui fournit le point dirigé (MD) commun à trois systèmes circulaires (AX), $(A'X')$, $(A''X'')$, est la même que la construction donnant le centre dirigé (AX) du système passant par trois points dirigés (MD), $(M'D')$, $(M''D)''$ (voir fig. 5).

Il serait intéressant de poursuivre l'étude des relations qui existent entre un fluide et son flux dérivé, mais nous

nous en tiendrons à ce qui précède. D'ailleurs tout ce que nous avons dit s'applique non-seulement aux fluides en mouvement mais à toute famille de courbes situées dans un même plan : par exemple aux lignes de niveau qui servent à représenter une surface topographique ; dans ce cas les trajectoires orthogonales sont les lignes de plus grande pente de la surface. Il faut avoir soin seulement de supposer toutes les courbes d'une même famille parcourues dans le même sens.

On peut aussi considérer le mouvement fluide dans un plan comme un mouvement rigide à deux degrés de liberté, c'est-à-dire comme le mouvement d'une figure plane rigide qui pourrait prendre une double infinité de positions ; on peut donc dire qu'un système circulaire représente le mouvement type à deux degrés de liberté dans le plan, de même que la rotation est le mouvement type à un degré de liberté. Comme exemple de mouvement rigide à deux degrés, nous citerons le mouvement d'une aiguille aimantée dans un champ magnétique plan ; l'aiguille ne peut prendre qu'une double infinité de positions, car si on la déplace dans le plan, son orientation D sera déterminée à chaque instant par la position de son centre M. Si l'on connaît la direction de l'aiguillle aimantée en un certain nombre de points, on pourra par la méthode indiquée plus haut, déterminer les *lignes de force* du champ magnétique ainsi que les *pôles* qui se trouvent dans le champ et qui seront indiqués par la présence d'un tourbillon. Il est curieux de remarquer qu'un système circulaire représente précisément le champ magnétique le plus simple, c'est-à-dire le champ qui serait produit par un aimant infiniment court placé au centre du système dans la direction de son axe ; il en

résulte qu'en un point quelconque M d'un champ magnétique donné, l'effet magnétique est le même que celui qui serait produit par un seul aimant infiniment court placé au centre du système circulaire tangent en M au champ magnétique.

Quoiqu'un système circulaire définisse un mouvement plan à deux degrés de liberté, un tel système peut servir aussi à l'étude des mouvements à un degré de liberté ; c'est ainsi que dans la théorie des courbes gauches on se sert non seulement de lignes, mais aussi de surfaces, et de même qu'on appelle plan osculateur d'une courbe gauche le plan qui passe par trois points consécutifs de la courbe, de même on peut appeler *système circulaire osculateur* le système déterminé par trois positions consécutives d'une figure rigide (MD) en mouvement dans le plan, ce qui permettra d'étudier le mouvement à un degré de liberté d'une manière plus complète.

Enfin, d'une manière plus générale, si tous les points d'un plan subissent un déplacement infiniment petit dans le plan, on peut considérer ce plan comme un milieu qui a subi une déformation infiniment petite. Ce phénomène est encore identique à celui d'un fluide en mouvement, puisque chaque point du plan se déplace dans une direction déterminée ; les lignes de flux prendront le nom de *lignes de déformation* et l'on peut dire encore que *la déformation la plus générale d'un élément de plan est représentée par un fragment de système circulaire*, c'est-à-dire qu'à chaque point du plan correspondent un *centre* et un *axe instantané de déformation.*

SUR

L'ÉVOLUTION BIOCHIMIQUE

DU

CARBONE

Conférence faite, le 24 février 1898, à l'École de Chimie de Genève

PAR

A. BACH

(Suite et fin [1].)

Suivant A. Gautier, la synthèse des matières protéiques dans les plantes se fait à partir de l'acide cyanhydrique et de l'aldéhyde formique. L'acide cyanhydrique résulterait lui-même de l'action de l'aldéhyde formique sur les azotates.

S'inspirant des recherches classiques de Schützenberger sur la constitution *probable* de l'albumine, A. Gautier tient pour certain que la molécule d'albumine revient à de l'urée ou à de l'oxamide dont les hydrogènes sont remplacés par des chaînes imidées complexes. L'urée et l'oxamide se formeraient par l'hydratation de l'acide cyanhydrique et les chaînes imidées résulteraient de l'union

[1] Voir *Archives*, t. V, mai 1898, p. 401.

de l'acide cyanhydrique et de l'aldéhyde formique, avec hydrogénation subséquente.

A la suite de toutes ces spéculations, A. Gautier n'hésite pas à représenter la synthèse des matières protéiques par l'équation suivante :

$$45CH^2O + 17CAzH21H^2 = C^{62}H^{103}Az^{17}O^2 + 23\,H^2O$$

Bien entendu, il n'apporte à l'appui de son hypothèse aucun fait expérimental.

O. Löw cherche à expliquer la synthèse des matières protéiques dans les plantes en partant du fait bien établi par des expériences physiologiques que l'asparagine constitue le noyau fondamental qui tantôt sert à édifier la molécule d'albumine, tantôt se retrouve comme produit de désassimilation de celle-ci. D'après Löw, ce n'est pas l'asparagine elle-même, mais son aldéhyde hypothétique qui est le noyau actif de l'albumine. Il admet que cet aldéhyde $CHO - CH(AzH^2) - CH^2 - CHO$ se forme par l'action de l'aldéhyde formique sur l'ammoniaque, sans tenir compte de ce qu'une réaction de cette nature serait absolument contraire aux faits connus : dans l'action de l'aldéhyde formique sur l'ammoniaque, l'hydrogène combiné à l'azote est entièrement éliminé et le seul produit qui se forme, c'est l'hexaméthylènetétramine

$$Az \begin{cases} CH^2 - Az = CH^2 \\ CH^2 - Az = CH^2 \\ CH^2 - Az = CH^2 \end{cases}$$

qui ne ressemble ni de près ni de loin à l'aldéhyde

$$CHO - CH\,(AzH^2) - CH^2 - CHO.$$

Une fois arrivé à l'aldéhyde aspartique, Löw procède, comme Gautier, à coups d'équations aussi arbitraires

qu'inexplicables pour aboutir à la formule d'albumine.

Il m'a semblé qu'avant de construire des hypothèses nécessairement hasardées sur la synthèse des matières protéiques dans les plantes, il fallait déterminer la nature des premiers produits quaternaires qui résultent de l'action des matières organiques ternaires sur l'azote inorganique.

L'azote des matières protéiques élaborées par les plantes provient en grande partie, sinon en totalité, des azotates du sol qui subissent une réduction dans l'organisme végétal. On admet généralement que cette réduction est opérée par des substances aldéhydiques et cétoniques qui abondent dans les plantes. On admet aussi que sous l'influence de l'acidité de la sève et de la dilution, les azotates qui entrent dans le système végétal sont dissociés et que la réduction porte sur l'acide azotique mis en liberté.

Par des expériences très précises, il a été démontré que la réduction des azotates s'effectue surtout dans les feuilles au moment de l'assimilation du carbone. On peut donc dire que c'est l'aldéhyde formique — résultant de la décomposition de l'acide carbonique — qui joue le principal rôle dans cette réduction.

Il résulte de toutes ces considérations que le problème de la réduction des azotates dans les plantes se résume en l'action de l'aldéhyde formique sur l'acide azotique. Quelle est cette action ?

On sait que la réduction de l'acide azotique par l'acide sulfureux donne lieu à la formation d'hydroxylamine. Ce fait montre que le passage de l'azote nitrique à l'azote ammoniacal peut se faire par simple soustraction d'oxygène, sans qu'il y ait hydrogénation subséquente de l'azote. L'aldéhyde formique, qui est aussi un réducteur

désoxygénant doit agir sur l'acide azotique de la même manière que l'acide sulfureux, c'est-à-dire transforme l'acide azotique en hydroxylamine AzH^2OH (par l'hydratation du résidu $= AzH$ de l'acide azotique).

Une fois formée, l'hydroxylamine, se trouvant en présence d'un excès d'aldéhyde formique qui se produit sans cesse dans les feuilles, ne peut que s'y combiner, suivant la réaction connue, pour fournir de la formaldoxime :

$$CH^2O + H^2Az.\,OH = CH^2\ AzOH + H^2O$$

Car, mises en présence l'une de l'autre, ces deux substances se combinent intégralement.

Ainsi que l'on sait, les aldoximes peuvent se transformer en amides par simple transposition des atomes dans la molécule. La formaldoxime engendrée par l'action de l'aldéhyde formique sur l'hydroxylamine, pourrait donc aussi se transformer en l'amide correspondante, la formamide :

$$CH^2.\,AzOH = CHO.\,AzH^2$$

La formamide serait le point de départ de la synthèse des matières azotées dans les plantes.

Telle est la suite d'idées qui m'a amené à supposer que la formaldoxime et la formamide sont les premiers termes quaternaires de la réduction des azotates dans les plantes.

Lorsque j'ai cherché à vérifier cette hypothèse par l'expérience je me suis heurté à de très grandes difficultés. Ces difficultés résidaient principalement dans l'action destructrice que l'acide azoteux exerçait sur l'hydroxylamine et ses dérivés. Après un très grand nombre d'essais

infructueux, j'ai pu finalement démontrer d'une manière probante la formation de formaldoxime en faisant agir des composés oxygénés de l'azote sur le trioxyméthylène $(CH^2O)^3$ mis en suspension dans l'éther.

Quant à la transformation ultérieure de la formaldoxime en formamide, en raison des conditions dans lesquelles il a fallu opérer, elle n'a pu être démontrée qu'indirectement.

Ce qu'il faudrait maintenant, c'est tenter la synthèse des matières azotées plus complexes en partant de la formamide et de l'aldéhyde formique ou autres hydrates de carbone. Etant constitué par l'union des deux groupes caractéristiques CHO et AzH^2, la formamide, qui est l'aldéhyde-amide par excellence, doit être susceptible de contracter des combinaisons soit par l'un, soit par l'autre de ces deux groupes, soit encore par tous les deux à la fois. Si on pouvait ainsi arriver à la synthèse de l'asparagine ou d'une substance analogue, la question de la synthèse des matières protéiques dans les plantes ferait un pas important vers sa solution. J'ai fait dans cette voie un certain nombre d'expériences qui, jusqu'à présent, ne m'ont pas fourni de résultats satisfaisants. Je compte poursuivre ces recherches.

Par tout ce que je viens de dire, il est facile de voir combien il est prématuré, j'ose même dire, puéril, de chercher à exprimer par des équations chimiques la synthèse des matières protéiques dans les plantes, synthèse dont on entrevoit à peine les premiers éléments.

Passons maintenant à un autre ordre d'idées.

J'ai déjà dit que les animaux ne peuvent exister qu'aux dépens des matières organiques créées par les

plantes. Ces matières organiques, les animaux les détruisent par oxydation pour en tirer toute l'énergie qu'elles sont susceptibles de dégager.

Si nous cherchons à nous rendre compte du mécanisme de cette oxydation, nous nous heurtons, dès le premier pas, à une contradiction. D'une part, les matières organiques — hydrates de carbone, corps gras, matières protéiques — qui servent d'aliments aux animaux, sont à peu près indifférents à l'oxygène ordinaire ou moléculaire. Pour les oxyder, il faut avoir recours à l'oxygène actif ou à l'état naissant. D'autre part, l'oxygène charrié dans le sang sous forme d'oxyhémoglobine, se dégage de cette dernière combinaison à l'état d'oxygène moléculaire ou passif. Il est évident que, pour arriver à oxyder, en un espace de temps relativement court, les aliments organiques, l'organisme animal doit avoir à sa disposition une source abondante d'oxygène actif, en d'autres termes, il doit posséder le moyen de rendre actif l'oxygène ordinaire. Quel est ce moyen ?

De toutes les hypothèses énoncées à ce sujet, seule l'hypothèse de Hoppe-Seyler semblait plausible.

Suivant ce physiologiste, l'hydrogène à l'état naissant possède la propriété de scinder la molécule d'oxygène $O = O$ en ses atomes, dont il fixe l'un pour former de l'eau, tandis que l'autre est mis en liberté et devient, de ce fait, capable de produire les oxydations les plus énergiques. Les substances aisément oxydables se comportent avec l'oxygène passif exactement comme l'hydrogène naissant. La transformation de l'oxygène passif en oxygène actif dans l'organisme animal se fait donc par l'intermédiaire de l'hydrogène naissant ou des substances aisément oxydables agissant comme l'hydrogène naissant.

A l'appui de son hypothèse Hoppe-Seyler a apporté quelques expériences dont la plus probante paraissait être celle-ci.

L'hydrogène naissant dégagé par l'hydrure de palladium provoque, en s'oxydant à l'air, des oxydations très énergiques : il oxyde l'indigo en isatine, la benzine en phénol, l'ammoniaque en acide azoteux, etc. Si l'on abandonne une lame de palladium hydrogéné à l'air en présence d'une solution d'indigo, celle-ci prend une teinte jaune par suite de son oxydation en isatine. En variant de différentes manières cette expérience, Hoppe-Seyler a démontré que la cause déterminante de cette oxydation résidait dans le dégagement d'hydrogène à l'état naissant. Il en a tiré la conclusion que l'oxydation constatée étant bien due au dédoublement de la molécule d'oxygène et à la mise en liberté d'oxygène atomique.

L'étude approfondie des phénomènes d'oxydation lente en général m'a amené à la conclusion que la transformation de l'oxygène passif en oxygène actif peut se faire par l'intermédiaire des *peroxydes*.

Par peroxydes j'entends des composés oxygénés fonctionnant comme le peroxyde d'hydrogène et caractérisés par la présence d'au moins un groupe —O-O—. Ce dernier critérium ne souffre pas d'exception. Quelque grand que soit le nombre d'atomes d'oxygène contenus dans un composé oxygéné, du moment que ces atomes ne sont pas liés entre eux, le composé ne donne pas les réactions qui caractérisent les peroxydes.

Les valences libres du groupe —O-O— peuvent être saturées par des radicaux électropositifs ou électronégatifs, monovalents ou bivalents.

En dehors des peroxydes du type R'-O-O-R', il existe

des peroxydes du type R'-O-O-O-O-R', dont le peroxyde de potassium K-O-O-O-O-K est le représentant le plus connu.

On sait depuis longtemps que, dans certains cas d'oxydation lente en présence d'eau, il se forme du « peroxyde d'hydrogène. » Ayant été amené à supposer que la transformation de l'oxygène passif en oxygène actif pourrait bien être due à la formation de peroxydes, j'ai cherché avant tout à me rendre compte jusqu'à quel point cette formation de peroxydes pouvait être considérée comme un facteur normal de toute oxydation lente. A cet effet, j'ai examiné un grand nombre de substances qui ont subi l'action plus ou moins prolongée de l'air avec ou sans le concours de la lumière. Pour déceler la présence de peroxydes, je me suis servi des trois réactifs suivants :

1° Acide titanique en solution sulfurique. La solution incolore prend en présence de peroxydes, une coloration jaune brun.

2° Acide hypovanadique en solution sulfurique, préparé en faisant dissoudre 1 gr. d'acide vanadique dans 20 cc. d'acide sulfurique et étendant d'eau de manière à avoir 200 cc. La solution verdâtre se colore par les peroxydes en rouge brun.

3° Système bichromate de potasse-aniline-acide oxalique. En présence de peroxydes et d'une goutte d'acide oxalique en solution aqueuse, la solution jaunâtre (qui renferme par litre 0g.03 de bichromate de potasse et 5 gouttes d'aniline), se colore en rose violacé.

A l'aide de ces réactifs, qui donnent des résultats absolument sûrs, j'ai constaté que presque toutes les classes de corps chimiques forment des peroxydes en s'oxydant à l'air. La formation de peroxydes est surtout très marquée dans le cas de substances aisément oxydables.

Comment expliquer ce fait ?

Sans m'arrêter aux hypothèses énoncées par divers auteurs, j'exposerai directement les conclusions auxquelles je suis arrivé.

L'oxygène libre ou moléculaire O = O, étant un corps très passif ne peut contracter des combinaisons que lorsque l'énergie nécessaire pour disjoindre ses atomes lui est fournie du dehors. Dans le cas de corps difficilement oxydables, c'est-à-dire qui se trouvent dans un équilibre chimique stable et ne possèdent pas beaucoup d'énergie disponible, le concours d'une énergie étrangère — chaleur, lumière, électricité — est indispensable pour que l'oxydation se produise. Mais, dans le cas de corps aisément oxydables, c'est-à-dire qui se trouvent dans un équilibre chimique instable et dont les atomes sont animés d'un mouvement vibratoire intense, l'énergie propre du corps qui se trouve au contact de l'oxygène suffit pour faire sortir celui-ci de son état passif. Le passage de l'oxygène de l'état passif à l'état actif ne saurait être conçu autrement que comme une dislocation de la molécule, une rupture des liaisons entre les atomes qui composent la molécule. Il est évident que, pour rompre une de ces liaisons et transformer O = O en -O-O- il faut moins d'énergie que pour transformer la molécule en atomes libres, O = O en -O- et -O-. Etant donné que l'énergie disponible du corps oxydable est nécessairement limitée, c'est le premier cas qui se présentera le plus fréquemment comme nécessitant une moindre dépense d'énergie. Il en résulte que lorsqu'un corps s'oxyde à l'air en vertu de sa propre énergie, il fixe d'abord un groupe -O-O-, c'est-à-dire, il commence par former un peroxyde. L'hydrogène naissant forme, dans ces condi-

tions, le peroxyde d'hydrogène H-O-O-H, le sodium forme le peroxyde de sodium Na-O-O-Na. Le potassium fournit dans les mêmes conditions le tétroxyde K-O-O-O-O-K, résultant évidemment de l'union de deux groupes incomplets K-O-O— et —O-O-K. Ce n'est qu'en deuxième lieu que, sous l'action de la portion non encore attaquée de la matière oxydable, se produit la rupture de la seconde liaison qui unit encore les atomes d'oxygène et que le peroxyde se transforme en oxyde :

$$\text{H-O-O-H} + H^2 = 2H^2O.$$

Lorsque l'oxydation a lieu à haute température, les molécules d'oxygène doivent en majeure partie être dissociées en leurs atomes. Mais là où la température est moins élevée, des groupes —O-O— peuvent subsister et donner lieu à la formation de peroxydes. Si l'on dirige une flamme d'hydrogène ou d'oxyde de carbone dans une capsule contenant un peu d'eau et placée dans un mélange réfrigérant, l'eau se charge d'un produit qui possède toutes les réactions des peroxydes. L'hydrogène forme le peroxyde d'hydrogène, et l'oxyde de carbone — le peroxyde de carbonyle

$$O{=}C\left\langle \begin{matrix} O \\ | \\ O \end{matrix} \right.$$

Ce dernier donne exactement les mêmes réactions que le percarbonate de potasse découvert par Constam et von Hausen.

Donc, en s'oxydant à la température ordinaire, les substances aisément oxydables fixent des molécules d'oxygène incomplètement dissociées en formant des peroxydes. Ceux-ci se décomposent facilement avec dégagement

d'oxygène à l'état naissant, c'est-à-dire d'oxygène actif, et sont par conséquent capables de provoquer l'oxydation des corps qui ne sont pas attaqués par l'oxygène ordinaire. L'indigo en solution sulfurique est un corps difficilement oxydable sur lequel l'oxygène passif est sans action. Mais si l'on fait passer un courant d'air ou d'oxygène dans une solution d'indigo additionnée d'une substance aisément oxydable — essence de térébenthine, aldéhyde benzoïque, etc. — l'indigo est rapidement oxydé en isatine. L'hydrogène naissant dégagé par l'hydrure de palladium exerce sur l'oxydation de l'indigo par l'oxygène passif la même influence que l'essence de térébenthine ou l'aldéhyde benzoïque.

Le rôle que les matières aisément oxydables jouent dans l'oxydation par l'oxygène passif des matières difficilement oxydables, ne peut s'expliquer que de deux manières :

Ou bien il faut admettre avec Hoppe-Seyler que les matières aisément oxydables scindent la molécule d'oxygène en en fixant un atome pour former des oxydes et mettant en liberté l'autre atome;

Ou bien il faut admettre que, comme je viens de l'exposer, les matières aisément oxydables forment des peroxydes qui agissent par leur oxygène actif sur les matières difficilement oxydables.

En reprenant et modifiant l'expérience de Hoppe-Seyler, j'ai pu démontrer que c'était la seconde hypothèse qui était la vraie.

Comme je l'ai déjà mentionné, Hoppe-Seyler a exposé à l'air une lame de palladium hydrogéné en présence d'une solution d'indigo et constaté l'oxydation de la matière colorante.

Pour déterminer si cette oxydation a été provoquée par des atomes d'oxygène libres ou par des peroxydes résultant de l'oxydation de l'hydrogène naissant, j'ai fait l'expérience suivante :

Dans une éprouvette contenant 15 cc. d'eau et bien refroidie, j'ai placé une lame de palladium hydrogéné et j'y ai fait passer pendant une heure un courant d'air. Au bout de ce temps, j'ai retiré la lame et au liquide qui contenait les produits d'oxydation de l'hydrogène naissant et donnait les réactions caractéristiques des peroxydes, j'ai ajouté une solution d'indigo. L'indigo s'est oxydé en isatine en un espace de temps variant de vingt minutes à 1 h. 20 minutes.

Il est évident que, la lame de palladium hydrogéné une fois retirée, il ne pouvait plus y avoir dégagement d'hydrogène naissant au sein du liquide, ni dédoublement de molécules d'oxygène. Il en résulte que, dans mon expérience, l'indigo a été oxydé, non pas par des atomes d'oxygène libres, mais par des peroxydes — composés chimiques définis — résultant de l'oxydation de l'hydrogène naissant par l'oxygène passif. Certaines données analytiques m'ont conduit à supposer que, dans les conditions que je viens d'indiquer, il se forme, à côté du bioxyde d'hydrogène H—O—O—H, le tétroxyde H—O—O—O—O—H, analogue au tétroxyde de potassium.

L'expérience fondamentale que Hoppe-Seyler et ses élèves considèrent comme une preuve décisive en faveur du dédoublement de la molécule d'oxygène par l'hydrogène naissant est donc susceptible d'une autre interprétation qui a l'avantage d'être beaucoup plus conforme aux faits connus.

J'ajouterai encore que deux mois après la publication de mon mémoire : *Sur le rôle des peroxydes dans les phénomènes d'oxydation lente,* Engler et Wild ont fait paraître dans les *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft* (juillet 1897) une note dans laquelle ils déclarent être arrivés, en ce qui concerne le mécanisme des oxydations lentes, aux mêmes résultats que moi. En faisant agir l'oxygène sur la triéthylphosphine $(C^2H^5)^3P$, ils ont constaté que chaque molécule de cette substance absorbait une molécule d'oxygène pour former le peroxyde

$$(C^2H^5)^3P\langle \begin{matrix} O \\ | \\ O \end{matrix}$$

Appliquons maintenant à l'oxydation des aliments organiques dans l'organisme animal les résultats que nous a fournis l'étude des phénomènes d'oxydation lente en général.

On admet généralement que les aliments organiques se dédoublent dans le sang en une portion facilement oxydable et en une portion difficilement oxydable. Les matières organiques facilement oxydables fixent des molécules d'oxygène incomplètement dissociées pour former des peroxydes

$$R'—O—O—R',\ R''\langle \begin{matrix} O \\ | \\ O \end{matrix} \text{ ou même } R'—O—O—O—O—R'$$

Dans ces peroxydes, un des atomes d'oxygène est « actif » et peut par conséquent oxyder des substances difficilement oxydables avec lesquelles il se trouve en contact. En somme, les phénomènes d'oxydation qui se passent dans l'organisme animal, doivent présenter une grande analogie avec l'oxydation de l'indigo par l'oxygène

passif en présence d'essence de térébenthine ou d'aldéhyde benzoïque. Dans un cas comme dans l'autre, c'est la matière aisément oxydable qui fait sortir l'oxygène de son état passif.

Au point de vue de leur action chimique, les ferments oxydants ou oxydases dont la présence a été constatée dans l'organisme vivant, ne peuvent être que des substances éminemment oxydables qui fixent des groupes —O—O— pour former des peroxydes. Bertrand, qui a découvert la laccase, le ferment oxydant végétal, a trouvé qu'elle se composait de protoxyde de manganèse uni à une substance albuminoïde. Fidèle à la théorie de Hoppe-Seyler, il suppose que le protoxyde de manganèse MnO dédouble la molécule d'oxygène, en fixe un atome pour former le bioxyde O = Mn = O, et met en liberté l'autre atome qui produit les oxydations observées.

A la lumière des faits que je viens d'exposer, il semble beaucoup plus probable que le protoxyde de manganèse commence par s'unir à une molécule d'oxygène incomplètement dissociée pour former un peroxyde

$$O = Mn\langle \begin{matrix} O \\ | \\ O \end{matrix}$$

qui exerce les oxydations attribuées par Bertrand à des atomes d'oxygène libres.

Sous l'influence de l'oxygène rendu actif, les matières organiques se désagrègent complètement dans le système animal : leur carbone se transforme en anhydride carbonique et leur hydrogène en eau.

L'anhydride carbonique et l'eau, ou ce qui revient au même, l'acide carbonique CO^3H^2, constituent à la fois le terme final et le point de départ de l'évolution biochi-

mique du carbone : terme final, dans l'organisme animal qui détruit par oxydation les matières organiques pour en tirer toute l'énergie qu'elles renferment à l'état latent; point de départ, dans l'organisme végétal qui, profitant de l'énergie solaire, crée de nouveau des substances oxydables et chargées d'énergie en partant de l'acide carbonique inerte.

Résumons maintenant en quelques mots nos connaissances très incomplètes sur l'évolution biochimique du carbone.

Par un processus analogue, sinon identique, à l'électrolyse, l'acide carbonique se décompose dans les plantes en oxygène, qui est mis en liberté, et en aldéhyde formique.

Par un processus qui nous reste inconnu l'aldéhyde formique se polymérise pour former de la glucose. Celle-ci se transforme — très probablement sous l'influence d'une diastase deshydratante spéciale — en matières sucrées en C^{12} et amidon. Si le besoin se présente, l'amidon peut de nouveau se convertir en matières sucrées solubles sous l'action de la diastase bien connue, l'amylase.

C'est à partir des hydrates de carbone que se fait la synthèse des corps gras dans les êtres vivants. Nous ne savons rien du processus qui aboutit à cette synthèse.

En agissant sur l'acide azotique des azotates, l'aldéhyde formique engendre, dans les plantes, des matières azotées quaternaires dont les premiers termes paraissent être la formaldoxime et la formamide. Celles-ci se transforment probablement en asparagine qui constitue la réserve azotée constante des plantes. L'asparagine s'unit aux hydrates de carbone pour former des matières protéïques.

Le mécanisme de cette synthèse nous est également inconnu.

Les trois classes de matières organiques élaborées par les plantes — hydrates de carbone, corps gras, matières protéïques — se détruisent par oxydation dans l'organisme animal. L'oxygène nécessaire pour cette oxydation est préalablement rendu actif par des matières aisément oxydables qui dissocient incomplètement des molécules d'oxygène passif pour former des peroxydes.

L'acide carbonique constitue le point de départ et le terme final de l'évolution biochimique du carbone.

ÉTUDE

SUR LES

OSSEMENTS HUMAINS

DES

SÉPULTURES NÉOLITHIQUES

de Chamblandes, du Châtelard et de Montagny sur Lutry

PAR

Alexandre SCHENK
Docteur ès sciences.

Les sépultures néolithiques de Chamblandes, du Châtelard et de Montagny sur Lutry découvertes en 1894 et et 1895 renfermaient les ossements humains suivants : 13 crânes plus ou moins incomplets, 2 fémurs entiers et 3 fragments de fémurs, 2 tibias entiers et 3 fragments de tibias, 2 humérus entiers et 3 fragments d'humérus, 3 fragments de cubitus, 1 seul fragment de radius, 2 clavicules, 2 fragments d'omoplates et 2 os iliaques en assez mauvais état.

Ces ossements situés dans des sépultures ou cistes de pierre se trouvaient placés à côté d'objets divers, tels que des coquilles marines (*Tritonium nodiferum* Lam. et *Pectunculus pilosus* L.), des défenses de sangliers percées ainsi que des fragments d'ocre jaune ou rouge, des

morceaux de galène et des débris de squelettes de rongeurs. Elles contenaient, en outre, un assez grand nombre de haches polies, des haches-marteaux perforées, des emmanchures ou gaines de haches et de ciseaux en bois de cerf, des fusaïoles en pierre et des fragments de poteries.

Les ossements provenant de ces sépultures appartiennent donc bien à la période néolithique. Plusieurs d'entre eux ont été brisés pendant l'extraction, mais beaucoup de débris ont pu être utilisés pour certaines mesures. Bien que ces restes humains soient peu nombreux, ils n'en sont pas moins intéressants et les mesures qu'ils fournissent pourront servir de comparaison au cas où de nouvelles découvertes permettraient de compléter cette série.

Les crânes ont été mesurés d'après les *Instructions craniologiques et craniométriques de la Société d'anthropologie de Paris*, rédigées par Broca, et les os longs des membres pouvant servir à la reconstitution de la taille en suivant la technique indiquée par M. Manouvrier, professeur à l'École d'anthropologie de Paris, dans son mémoire sur la détermination de la taille d'après les grands os longs des membres (p. 394-401)[1], c'est-à-dire *en projection*, au moyen de la planche ostéométrique de Broca : le fémur *en position*, ses deux condyles étant appuyés contre un plan ; le tibia sans l'épine, mais la malléole comprise. Pour les autres os, la longueur maxima a été mesurée en projection. Les os étant na-

[1] L. Manouvrier. *La détermination de la taille d'après les grands os des membres.* (Mémoires de la Soc. d'Anthrop. de Paris, 2me série, t. IV, 1892.)

turellement secs et dépourvus de cartilages, deux millimètres ont été ajoutés à la longueur de chaque os pour tenir compte de l'épaisseur des cartilages. La taille correspondante à la longueur des os obtenus sur les tableaux est la taille de l'individu cadavre ; pour avoir la taille de l'individu vivant il a fallu diminuer de deux centimètres la longueur obtenue.

Quelques-uns de ces os longs et de ces crânes ont déjà été sommairement décrits par M. le prof. Dr Th. Studer[1], mais j'ai pensé, vu la rareté des documents néolithiques en Suisse, qu'il y aurait quelque intérêt à en faire une étude plus détaillée.

Taille.

Le nombre total des os longs des membres pouvant servir à la reconstitution de la taille est de 7 seulement; 4 sont féminins, soit 1 fémur, 1 tibia et 2 humérus, provenant probablement du même individu. Les 3 os longs masculins sont représentés par 1 fémur et 2 tibias.

I. *Taille féminine.*

N° 1. Fémur, longueur	= 387^{mm} + 2.	Taille	cadavre	1^m,490
N° 2. Tibia —	= 325^{mm} + 2.	—	—	1^m,537
N° 3. Humérus —	= 275^{mm} + 2.	—	—	1^m,476
N° 4. — —	= 275^{mm} + 2.	—	—	1^m,476
			Total	= 5^m,979

Taille moyenne cadavre = 1^m,495
— — vivant = 1^m,495 — 20 = 1^m,475

[1] Th. Studer et Bannwarth. *Crânia helvetica antiqua*. Leipzig 1894.

II. *Taille masculine.*

N° 1. Fémur, longueur = 468mm + 2. Taille cadavre 1m,703
1m,703 — 20 = 1m,683. Taille vivant.
N° 2. Tibia, longueur = 336mm + 2. Taille cadavre 1m,599
1m,599 — 20 = 1m,579. Taille vivant.
N° 3. Tibia, longueur = 338mm + 2. Taille cadavre 1m,605
1m,605 — 20 = 1m,585 + 2. Taille vivant.
3 hommes. Taille moyenne vivant = 1m,613.

Mesures des os longs complets.

1 fémur masculin; 2 fémurs féminins.

	Numéros		
	♂	1. ♀.	2. ♀
A. Longueur totale en position	468	387mm	——
B. Circonférence minimum	95	80 —	75mm
Rapport (A = 100) = Indice de grosseur .	20,29	20,67	——
Diamètre sous-trochantérien : transverse. .	36	36 —	34 —
— — antéro-postérieur.	26,5	28 —	27 —
Indice de platymérie	73,61	77,7	70,58
Diamètre partie moyenne : transverse. . .	30	26 —	25 —
— — antéro-postér.	31	25 —	23 —
Indice pilastrique	103,03	96,15	92 —
Diamètre de la tête	46 (?)	41 —	41 —

2 tibias masculins; 1 tibia féminin.

	Numéros		
	1. ♂.	2. ♂.	♀.
Longueur	336	338	325
Circonférence minimum	78	80	68
Rapport (longueur = 100) = Indice de grosseur	25,35	23,66	20,92
Diamètre du corps : antéro-postérieur. . .	35	37	31
— — transverse.	23	23	21
Somme des deux diamètres	58	60	52
Indice de platycnémie	65,6	62,16	67,74

2 humérus féminins.

	Numéros	
	1.	2.
Longueur totale	275	275
Circonférence minimum	53	52
Rapport (longueur = 100) = Indice de grosseur .	19,27	18.90
Diamètre de la tête	35	34
Largeur bycondylienne	55	55

Aucun de ces deux humérus ne présente la perforation olécrânienne.

Mesures des os incomplets

2 fémurs masculins.

	Mensurations	
	1.	2.
Circonférence minimum	98	90
Diamètre sous trochantériens : transverse . . .	36	35
— — antéro-postérieur.	26	27
Indice de platymérie	72,22	77,14
Diamètre partie moyenne : transverse	27,5	27
— — antéro-postérieur . .	29	31
Indice pilastrique	105,45	114,81
Diamètre de la tête	—	46 (?)

Tibia.

Un seul fragment de tibia, masculin est mesurable : diamètre antéro-postérieur 40 ; diamètre transverse 23,5 ; somme des deux diamètres 63,5 ; indice de platycnémie 58,75.

Humérus.

Les fragments d'humérus sont au nombre de 4.

	Numéros			
	1 ♂	2 ♂	3 ♂	4 ♂
Circonférence minimum	66	62	62	75
Distance bi-condylienne	—	57	64	—
Diamètre de la tête	35	—	—	—

Clavicules.

Longueur totale de deux clavicules : 130 et 135mm. ; elles appartiennent à un individu féminin.

La quantité des os mesurés est trop faible pour que l'on puisse considérer les dimensions obtenues comme représentant la taille moyenne; néanmoins ces chiffres nous indiquent que les populations néolithiques de Chamblandes avaient une taille passablement inférieure à la taille moyenne de la population vaudoise actuelle.

Si nous mettons en regard la longueur de la taille de la femme de Chamblandes avec les dimensions obtenues par M. Kollmann[1] sur trois femmes de la station néolithique du Schweizersbild (taille évaluée d'après la méthode de M. Manouvrier), nous voyons que la taille de la femme de Chamblandes était légèrement plus élevée que la taille moyenne des femmes du Schweizersbild.

D'autre part, la comparaison de la taille des individus

[1] Kollmann. *Das Schweizersbild. Eine Niederlassung aus paleolithischer und neolithischer Zeit. Der Mensch.* p. 127.

masculins de Chamblandes avec celle des hommes du Schweizersbild, nous montre que ces derniers étaient un peu plus grands :

Schweizersbild :	3 femmes,	taille moyenne. .	1m,424
—	5 hommes	— — . .	1m,662
Chamblandes	1 femme	— — . .	1m,475
—	3 hommes	— — . .	1m,613

Si nous comparons les chiffres ci-dessus avec ceux obtenus par M. le Dr J. Rahon dans ses *Recherches sur les ossements anciens et préhistoriques en vue de la reconstitution de la taille*[1] nous voyons qu'ils sont encore légèrement inférieurs. En effet, sur 429 cas masculins de France et de Belgique provenant de la période néolithique, M. Rahon obtient une taille moyenne de 1m,625 ; 189 cas féminins ont fourni une taille moyenne de 1m,506. Cette taille un peu faible des populations de Chamblandes provient peut-être de l'insuffisance des séries ; elle peut toutefois s'expliquer si l'on considère ces individus comme étant des métis provenant peut-être de l'union des petits brachycéphales néolithiques de la race de *Grenelle* (taille moyenne 1m,530) avec les dolichocéphales plus grands de la race ancienne de *Langerie-Chancelade*, ou plutôt avec leurs descendants directs, ceux de la race de *Baumes-Chaudes-Cro-Magnon ;* il se pourrait même qu'à cette époque reculée des mélanges se soient déjà produits entre ces mêmes brachycéphales et les nouveaux immigrants, avant-coureurs des *Dolichocéphales néolithiques d'origine septentrionale*, caractérisés par

[1] *Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*. 2e série, t. IV, 1893.

une haute taille, une tête allongée, une face haute et étroite, des cheveux blonds et des yeux de couleur claire, race dont les os longs permettraient d'évaluer la taille à $1^{m},65$ environ, la grosseur des os dépassant toutefois la moyenne actuelle.

Du reste, comme nous le verrons plus loin, la sous-dolichocéphalie des crânes de Chamblandes peut être invoquée comme étant une des conséquences de ces rencontres ethniques ; le type dolichocéphale néolithique s'y est atténué et quelque peu transformé, l'indice céphalique est en général voisin de 76 ; il n'y aurait donc rien d'étonnant non plus à ce que la taille soit comprise entre $1^{m},53$ et et $1^{m},65$.

Cranes.

Les crânes au nombre de 13 sont tous plus ou moins endommagés. Six crânes proviennent du Châtelard, quatre de Montagny sur Lutry et trois de Chamblandes. De ces crânes 6 sont masculins, 6 féminins et 1 de sexe incertain.

Observations particulières.

Châtelard sur Lutry. N° 1. — Crâne incomplet, féminin ; sutures crâniennes complètement oblitérées, la sagittale est placée dans sa moitié postérieure au fond d'une forte dépression formant gouttière. Epaisseur des os faible.

N° 2. — Crâne incomplet, masculin ; toutes les sutures assez compliquées sont largement ouvertes. Age pas très avancé.

N° 3. — Crâne très robuste, incomplet provenant

d'un individu masculin âgé; sutures complètement oblitérées; inion très saillant; bosses pariétales fortement développées.

N° 4. — Sutures coronale, sagittale et lambdoïde fermées, mais non complètement oblitérées, assez simples. La moitié postérieure de la suture sagittale placée au fond d'une forte dépression. Sexe incertain.

N° 5. — Crâne masculin, sutures crâniennes en partie oblitérées; sinus frontaux volumineux, arcades sourcilières bien développées.

N° 6. — Crâne féminin, incomplet; âge probablement avancé; sutures en partie fermées; arcs sourciliers nuls.

Montagny sur Lutry. N° 1. — Crâne incomplet provenant d'un individu masculin ayant atteint toute sa croissance. La suture coronale, la moitié antérieure de la sagittale oblitérées; la moitié postérieure de cette dernière en partie fermée est placée au fond d'une dépression. Suture lambdoïde ouverte; os wormiens à l'astérion. Sinus frontaux volumineux; arcades sourcilières nulles.

N° 2. — Crâne féminin, adulte, bien conservé; les sutures coronale et lambdoïde ne sont pas fermées; la suture pariétale est à peu près complètement soudée à partir du tiers antérieur.

N° 3. — Crâne bien conservé provenant d'une femme âgée d'environ 40 ans; les sutures coronale et lambdoïde sont ouvertes, la sagittale est soudée dans son tiers postérieur seulement; arcades sourcilières nulles, glabelle plane, bosses frontales bien marquées.

N° 4. — Squelette de la face seulement.

Chamblandes. N° 1. — Crâne bien mal conservé pro-

venant probablement d'une femme âgée, les sutures crâniennes ne sont cependant pas complètement oblitérées. Frontal bas, fuyant, arcades sourcilières bien développées, glabelle proéminente, apophyse mastoïde passablement grosse.

N° 2. — Crâne féminin aux contours réguliers et arrondis ; suture sagittale oblitérée dans toute sa longueur, sutures coronale et lambdoïde en partie fermées. Age avancé.

N° 3. — Crâne masculin mal conservé présentant la suture métopique ; sutures crâniennes non oblitérées ; sinus frontaux volumineux. Les arcades sourcilières sont bien marquées, la glabelle est proéminente.

La capacité crânienne a été calculée, toutes les fois que cela était possible, par le procédé de l'indice cubique, c'est-à-dire en divisant le demi-produit des trois diamètres (antéro-postérieur maximum, transversal maximum et basio-bregmatique) par le nombre ou indice obtenu par M. Manouvrier[1] dans ses recherches sur l'indice cubique du crâne, soit 1,14 pour les hommes et 1,08 pour les femmes, comme représentant le rapport de la capacité réelle au demi-produit des trois diamètres.

[1] L. Manouvrier. *Sur l'indice cubique du crâne.* (Association française pour l'avancement des Sciences, 1880).

Le tableau suivant donne tous les chiffres obtenus sur les crânes du Châtelard, de Montagny et de Chamblandes.

MENSURATIONS	Châtelard n. 1. ♀	2. ♂	3. ♂	4. ?	5. ♂	6. ♀	Montagny n. 1. ♂	n° 2. ♀	n° 3. ♂	n° 4 ♀	Chamblandes n° 1	2	3
Capacité crânienne approchée	—	—	—	—	—	—	—	1343	1151	—	—	1546	—
Diamètre Antéro-postérieur maximum	182	180(?)	200(?)	176	175	—	177	172	162	—	175	182	182
Diamètre Transversal —	132	138	156	140	148	—	136	136	130	—	128	139	139
Diamètre — bi-auriculaire	—	—	—	—	—	—	—	99	90	—	—	98	—
Diamètre — bi-mastoïdien	—	—	—	—	—	—	—	119	113	—	—	119,5	—
Diamètre frontal maximum	117	103	130	—	117	112	115	115	100	—	—	123	113
Diamètre — minimum	93	94	—	—	94	91	101	92	90	—	—	101	98
Diamètre vertical basio-bregmatique	—	—	—	—	—	—	—	124	118	—	—	132	—
Courbes Horizontale totale	—	—	—	—	—	—	503	490	473	—	—	515	—
Courbes Transversale —	—	—	—	—	—	—	—	430	405	—	—	—	—
Courbes frontale sous-cérébrale	—	—	—	—	—	—	15	20	15	—	12	13	12
Courbes frontale	130	128	—	—	120	115	120	100	102	—	100	120	108
Courbes pariétale	120	120	150	113	130	—	106	110	108	—	122	110	130
Courbes occipitale	—	—	—	110	110	—	120	120	107	—	—	122	—
Ligne alveolo-basilaire	—	—	—	—	—	—	—	85	93	—	—	—	—
Ligne naso-basilaire	—	—	—	—	—	—	—	92	93	—	—	?	—
Trou occipital. Longueur	—	—	—	—	—	—	—	36	33	32	—	37	107
— — Largeur	—	—	—	—	—	—	—	32	31	28	—	30	25
Largeurs Bi-orbitaire externe	—	99,5	—	—	—	101	104	101,5	99	104	25	103,5	—
Largeurs Interorbitaire	—	24	—	—	—	22	27	23	26	20	—	26,5	—
Largeurs Bi-zygomatique maximum	—	—	—	—	—	122	—	127	124	128	—	—	—
Hauteur de la face Intermaxillaire	—	—	—	—	—	17	—	20	18	15	—	17	—
Hauteur de la face Totale de la face (ophryo-alvéolaire)	—	—	—	—	—	—	—	90	78,5	—	—	—	—
Hauteur de la face — (naso-alvéolaire)	—	—	—	—	—	61	—	70	63,5	68	—	69	—
Orbites. Hauteur	—	—	—	—	—	31.5	—	33	31	34	—	33	—
— Largeur	—	—	—	—	—	37	—	38	37	42	—	—	—
Nez. Longueur	—	—	—	—	—	44	—	49	52	44	—	52	—
— Largeur	—			—	—	25	—	23	23	25	—	24	—
Palais Longueur	—	—	—	—	—	44	—	52	49	44	—	47	—
— Largeur	—	—	—	—	—	37	—	39	36	41	—	38	—

Indices crâniens et faciaux.

Nos des crânes		Indice céphalique	Hauteur-longueur	Hauteur-largeur	Frontal	Facial I	Facial II	Occipital	Orbitaire	Nasal	Palatin	Prognathisme
Châtelard	1.	72,53	—	—	78,63	—	—	—	—	—	—	—
—	2.	76,66	—	—	91,26	—	—	—	—	—	—	—
—	3.	78 (?)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	4.	79,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5.	84,57	—	—	78,62	—	—	—	—	—	—	—
—	6.	—	—	—	81,24	—	50	—	85,13	52,27	86,36	—
Montagny	1.	76,84	—	—	87,82	—	—	—	—	—	—	—
—	2.	79,06	72,09	91,17	80	70,86	55,11	88,88	86,84	46	73,46	92,39
—	3.	80,24	72,84	90,76	90	63,30	51,2	93,93	83,78	50,54	75	100
—	4.	—	—	—	—	—	53,12	87,5	80,95	47,16	93,18	—
Châmblandes	1.	73,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	2.	76,37	72,52	94,96	82,92	—	—	81,8	—	46,15	80,85	—
—	3.	76,7	—	—	86,72	—	—	—	—	—	—	—

Ce tableau permet de voir qu'au point de vue craniologique, les populations néolithiques de Chamblandes, du Châtelard et de Montagny sur Lutry ne présentaient pas une très grande variété de caractères.

Les indices vertical de hauteur et vertical de largeur calculés sur deux crânes de Montagny et un crâne de Chamblandes sont à peu près identiques; l'indice frontal fait voir presque toujours des crêtes temporales peu divergentes.

Les mésaticéphales et brachycéphales ont la face relativement large, toutefois l'indice est encore leptoprosope ou faiblement chamæprosope ; le nez plus souvent étroit que large est mésorhinien chez les brachycéphales; les

orbites de hauteur moyenne sont presque toujours mésosèmes.

Les indices céphaliques varient, comme on l'a vu plus haut de 72,53 à 84,57 pour une série de 12 crânes. Cependant, l'écart au-dessus et au-dessous de la moyenne 77,51 est relativement faible. L'on peut dès lors se demander si l'on a affaire à une seule et même race, présentant des variations individuelles, ou à deux races différentes ayant subi des mélanges ethniques; cette deuxième hypothèse paraît, dans le cas, la plus naturelle et expliquerait la prépondérance des types intermédiaires sous-dolichocéphale et mésaticéphale.

Les trois crânes brachycéphales de Montagny et du Châtelard sur Lutry se rapprochent beaucoup des races de Furfooz N° 2 (sous-brachycéphale, indice de 81,39) et de celle de Grenelle qui est brachycéphale avec un indice peu élevé de 83,53 chez l'homme et de 83,68 chez la femme.

Les stations lacustres de la première époque de la pierre polie ont fourni cinq pièces crâniennes dont trois sont brachycéphales et deux mésaticéphales, et d'après M. Georges Hervé[1], professeur à l'École d'anthropologie de Paris, ces brachycéphales ne semblent pas différer notablement des brachycéphales néolithiques du nord-est de la Gaule. Les crânes N° 5 et 6 du Châtelard sur Lutry sont probablement les descendants directs des brachycéphales qui ont construit les premières palafittes; ils sont caractérisés par un front droit, peu projeté en avant avec des indices stéphaniques de 78,62 et 81,24; on y remarque un léger prognathisme alvéolaire, des or-

[1] G. Hervé. *Les populations lacustres*. Revue mensuelle de l'École d'anthropologie de Paris. 1895, p. 140.

fites mésosèmes (indice 85,13), un nez à large ouverture, mésorhinien (indice 52,27) et une face également large, harmonique avec le crâne, rentrant dans la catégorie des brachycéphales chamæprosopes de M. Kollmann.

Les deux crânes dolichocéphales vrais du Châtelard et de Chamblandes sont féminins. Leur mauvais état ne permet pas de se faire une idée bien nette de leur forme. Ils paraissent avoir été plutôt élevés avec un indice de largeur moyen de 72,76. La voûte présente une courbe légèrement ogivale et la vue d'en haut montre un contour régulièrement elliptique; la norma postérieure offre une forme pentagonale à parois latérales presque verticales. Ces caractères permettent de considérer ces dolichocéphales comme reliés ethniquement aux dolichocéphales plus purs de la race dolichocéphale néolithique (type de Hohberg des anthropologistes suisses), lesquels sont apparus en assez grande nombre en Suisse durant la deuxième moitié et le déclin du néolithique. Ils en auraient été les premiers représentants plutôt que les descendants des troglodytes magdaléniens, les hommes de la race de Baumes-Chaudes-Cromagnon. Toutefois le squelette de la face manquant complètement à ces deux pièces, il n'est pas permis de se prononcer sur cette question d'une façon absolue.

Les crânes sous-dolichocéphales et mésaticéphales de Chamblandes, du Châtelard et de Montagny sur Lutry (dont plusieurs paraissent se rapporter au type de Sion de His et Rütimeyer) doivent être considérés comme provenant probablement d'une première union entre les vieux brachycéphales de la race de Grenelle et les premiers immigrants de la race dolichocéphale néolithique d'origine septentrionale.

L'AUTOMOBILISME ET LA FORCE MOTRICE

LE MOTEUR AIR-EAU

PAR

Raoul PICTET

(Suite[1].)

CHAPITRE IV

Ainsi que nous l'avons déjà exprimé dans l'introduction de ce mémoire, l'étude du nouveau moteur cherché a été faite sans perdre de vue le but essentiel et spécial de créer un appareil pratique pour l'automobilisme. Nous avons examiné ce problème ardu avec la ferme volonté de vaincre les difficultés nombreuses qu'il comporte.

Rappelons ici que le moteur en question doit pouvoir soulever sur des rampes de 12 °/₀ le véhicule tout chargé, tout en conservant une vitesse à peu près constante et régulière.

Ce chiffre de 12 °/₀, pris comme limite extrême de la puissance du moteur, nous fournira des éléments importants pour la détermination de la dimension et du poids des pièces, et ces éléments vont fixer la puissance nécessaire à l'action du mélange d'air et d'eau sur les

[1] Voir *Archives*, t. V, avril 1898, p. 350, et mai, p. 444.

pistons, en tenant compte à la fois du poids de la machine, du poids de la chaudière, du poids du combustible et de l'eau à emporter, ainsi que des voyageurs ou marchandises à transporter par le véhicule.

Nous posons comme postulat que le moteur doit agir sur les roues du véhicule sans engrenages destinés à modifier le rapport de la vitesse des pistons à celle des roues, car ces engrenages sont une source de bruit, de trépidations, et une occasion de ruptures accidentelles qui perturbent profondément la bonne marche d'un automobile.

Nous tâcherons d'aborder la construction de ce moteur en admettant qu'il agisse d'une façon continue sur les roues et sans aucune modification dans la vitesse relative des éléments mécaniques reliés ensemble.

La vitesse maxima à laquelle les machines motrices à vapeur donnent un résultat utile ne peut dépasser 350 à 400 révolutions par minute. Au delà, les pièces trépident, font du bruit, se brisent aisément; le graissage devient très laborieux et l'étranglement de la vapeur par les orifices des tiroirs et des soupapes est si considérable que l'effet utile s'en ressent. On constate de trop grandes pertes de charge entre la pression de la vapeur dans les chaudières et la pression utile sur les pistons.

Donc la vitesse normale de la machine ne doit pas dépasser 350 à 400 tours.

Quant à la température, nous devons admettre que des cylindres graissés au pétrole lourd ne peuvent pas fonctionner utilement à une température supérieure à 220°. Au delà la graisse se décompose et les frottements deviennent raides. Il se produit des grippements et la machine s'use vite.

Or, comme la théorie montre que cette température de 220° est relativement très inférieure à celle qu'on devrait employer pour augmenter le rendement des machines thermiques, nous sommes conduits à un dilemme :

Employer des cylindres à double effet, les gaz chauds fonctionnant alternativement sur chaque face du piston, et alors la température dépassera le maximum de 220°.

Ou bien admettre des températures supérieures, de 300 à 350°, mais alors construire des cylindres à simple effet, les gaz n'agissant que sur une face du piston et celui-ci prenant alors la forme d'un fourreau, de telle sorte que la partie frottante soit refroidie et placée à assez grande distance de l'action des gaz chauds.

Ce dernier dispositif permettra d'atteindre les hautes températures pour les gaz qui travaillent, tandis que le piston qui frotte dans le cylindre, refroidi par une enveloppe extérieure, permettra de conserver un bon fonctionnement et un graissage utile.

Cette forme a été souvent adoptée pour les machines à gaz. Nous l'emploierons par conséquent pour notre moteur, car la théorie permet de sortir un rendement très supérieur des conditions thermiques dans lesquelles l'appareil fonctionne.

Du moment où nous adoptons une température de 300 à 350°, la distribution des gaz sous pression à cette haute température ne peut plus se faire par tiroirs pour les motifs mêmes qui ne permettent pas d'utiliser dans ces conditions les cylindres à double effet.

Le tiroir, ne pouvant être graissé, frotterait à frottement dur et serait vite usé et grippé.

On doit donc dans ce cas remplacer les tiroirs par des

soupapes qui opèrent sans frottements. Les tiges de ces soupapes seront longues et la partie frottante dans les presse-étoupes pourra être maintenue au-dessous de la température élevée à laquelle les gaz sont introduits dans le cylindre.

Notre moteur sera donc à soupapes. Un système de cames réglera la levée des soupapes et par ce fait permettra la marche aussi bien en avant qu'en arrière, et une admission pleine ou restreinte.

Puisque nous avons adopté des cylindres à simple effet, si nous voulons avoir une marche sans point mort, fonctionnant à toutes les positions d'arrêt de la voiture, il sera nécessaire de mettre trois cylindres.

Cette disposition est du reste excellente au point de vue de la régularité du fonctionnement de la machine : c'est celle qui préserve le mieux des trépidations et des chocs.

L'étude mécanique des moteurs prouve qu'on peut difficilement utiliser une pression de gaz supérieure à 12 ou 14 atmosphères pour la détente effective dans les cylindres.

Soit avec des machines à un cylindre, soit avec des machines compound, soit avec des machines à triple expansion, cette pression est rarement dépassée.

Nous admettrons donc pour notre moteur une pression maximum ne dépassant pas 12 ou 14 atmosphères.

Après avoir ainsi, par une étude systématique, circonscrit la question et éliminé toutes les conditions mécaniques dont nous devons nous garer, nous avons déterminé les seules conditions possibles, celles qui doivent servir à la détermination des paramètres numériques de notre machine-type.

Avant d'entrer dans le détail technique du moteur, indiquons ses lignes essentielles, afin que le lecteur puisse comprendre ses conditions fondamentales de fonctionnement.

Le moteur AIR-EAU se compose essentiellement de trois parties distinctes :

A). Un compresseur à air pouvant fonctionner de la pression atmosphérique à laquelle il aspire l'air extérieur jusqu'à 10 et 12 atmosphères.

B). Un échangeur-réchauffeur où cet air, comprimé avec une quantité variable d'eau, reçoit l'action des gaz après qu'ils ont fonctionné dans les cylindres de détente.

C). Une chaudière où les gaz déjà chauffés dans l'appareil précédent subissent l'action des hautes températures résultant du combustible : coke, charbon, bois, etc.

D). Les cylindres moteurs, chauffés fortement par la flamme du combustible, laquelle pénètre ensuite dans la chaudière, puis se mélange à l'échappement pour traverser l'échangeur-réchauffeur.

De là des gaz s'échappent à l'extérieur, forçant du même coup le tirage du foyer par la brusquerie de leur échappement

Comme on le voit, la machine se compose d'un compresseur à air qui aspire avec l'air une quantité variable d'eau. Cette eau mélangée à l'air pendant l'aspiration se pulvérise dans le cylindre et permet de comprimer l'air sous une courbe presque isothermique.

Le mélange d'air et d'eau chauffé d'abord dans le réservoir B élève le degré hygrométrique de l'air. La pression observée au manomètre à la chaudière est la pression commune à tous les espaces clos qui séparent le compresseur d'air des pistons moteurs.

Par contre, la température de l'air et de l'eau augmente sans arrêt dès la fin de la compression dans le cylindre A jusqu'à l'introduction dans les cylindres moteurs D.

Si l'on avait affaire à des vapeurs saturées, l'eau ne pourrait en aucune façon se vaporiser dans la chaudière B.

Mais l'eau mélangée à l'air augmentera le volume des gaz en se vaporisant constamment au fur et à mesure de l'élévation de température.

Il faudra simplement s'attacher, dans la construction de ces appareils, à mélanger intimement l'eau pulvérisée avec l'air de manière à saturer constamment l'air par l'eau à la température à laquelle l'air se trouve à ce moment même.

Lorsque l'eau et l'air sont amenés par la haute température à constituer un mélange gazeux intime, on chauffe ces gaz dans la chaudière C, et c'est à la température de 300 à 350° qu'ils pénètrent dans un cylindre où leur admission est variable.

La machine doit être calculée de telle sorte que pour son travail normal la pression des gaz au moment de l'échappement et après la détente soit aussi voisine que possible de la pression atmosphérique.

C'est dans ces conditions que le cycle moteur donnera son meilleur effet et son rendement maximum.

Quel doit être le rapport entre le cylindre compresseur A et le volume engendré par les cylindres moteurs D?

Cette question domine complètement le problème du moteur qui nous occupe.

Pour mieux préciser l'idée, nous pouvons considérer ce compresseur A comme une pompe d'alimentation de machine à vapeur ordinaire qui, dans un état rudi-

mentaire, est une toute petite pompe pleine d'eau et ne fonctionnant qu'avec de l'eau.

Au fur et à mesure qu'on augmente la dimension de cette pompe, on se rend compte que la quantité d'eau qu'on envoie devant rester la même, on a le choix ou de laisser se faire le vide au-dessus de l'eau, ou de laisser rentrer de l'air, qui se mélangera à l'eau.

C'est le cas de notre machine.

Notre pompe d'alimentation grossit peu à peu, et tout en envoyant dans le moteur une même quantité d'eau, elle y ajoute constamment une plus grande quantité d'air.

Le travail de la pompe d'alimentation devient ainsi de plus en plus grand.

La simple considération de ce fait montre tout de suite qu'à partir d'un certain volume pour cette pompe, le poids de l'air comprimé et envoyé dans le cylindre deviendra trop grand.

Nous devons chercher à quelle limite la solution sera atteinte, en tenant compte toujours du problème de l'automobilisme, problème nettement posé, surtout en ce qui touche la variabilité nécessaire de la puissance du moteur.

L'étude analytique de ce problème démontre que le résultat maximum est atteint au moment où l'air atmosphérique aspiré par le compresseur A avec une certaine quantité d'eau qui maintient la température basse pendant la compression, s'échappe des grands cylindres D sous une pression qui est exactement la pression atmosphérique.

Dans ces conditions, la machine à vapeur fonctionne comme une machine à air chaud et donne le rendement fixé par le second principe mécanique de la chaleur.

Au fur et à mesure qu'on fait entrer une plus grande quantité d'eau avec l'air et qu'on force cette eau à se vaporiser dans les réservoirs B et C, l'admission des gaz dans les cylindres D se fait sur une plus grande longueur. La pression à l'admission augmente et le travail de la machine peut doubler, tripler, quintupler, suivant la pression absolue à laquelle on s'élève et suivant la durée de l'admission.

Ainsi, en faisant simplement varier la quantité d'eau introduite dans le compresseur d'air, on fait varier du même coup la pression absolue du mélange des gaz et la longueur de l'admission dans les cylindres moteurs.

Reste à voir si ces conditions de variation permettent de résoudre le problème tel qu'il a été défini.

Nous pouvons tout de suite dire qu'au fur et à mesure de l'élévation de la pression intérieure et en allongeant en même temps l'admission dans les cylindres moteurs, le rendement de la machine augmentera considérablement comme valeur numérique, mais par contre la dépense en combustible deviendra proportionnellement plus forte, car la machine ne parviendra plus à utiliser d'une façon aussi économique la vapeur et l'air introduits dans les cylindres D. La détente ne pouvant plus être poussée jusqu'à la pression atmosphérique, on perdra de ce fait, dans les gaz qui s'échappent brusquement et sous une certaine pression, une quantité notable d'énergie qui aurait pu être transformée en travail moteur.

La machine ne devra marcher dans ces conditions que d'une façon momentanée, et cette marche peut dès maintenant être taxée d'anormale.

Ce fonctionnement exceptionnel de la machine doit coïncider avec les difficultés exceptionnelles de la route,

et l'on sait que les pentes de 10 à 12 % sont très rares et généralement courtes.

Ces réserves faites, nous verrons que la puissance motrice de cette machine peut varier dans la proportion de un à quatre ou cinq, tout en restant économique, plus économique même que toutes les machines à vapeur à condensation fournissant le même travail.

(*A suivre.*)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

A. Battelli. Lavori eseguiti ... Travaux du laboratoire de physique de l'Université de Pise. 1 vol. in-8, 206 p. Pise, typ. Pieraccini, 1898.

Les 13 travaux réunis dans ce volume ont été faits pendant l'année 1896-97 et donnent une preuve nouvelle de l'activité et de la prospérité de l'institut que dirige M. Battelli; ces travaux ayant été publiés déjà dans le *Nuovo Cimento*, il suffira d'indiquer ici leurs titres : Pandolfi. *Influence de la température sur les étincelles électriques dans les gaz raréfiés.* — Battelli. *Relation entre les actions photographiques à l'intérieur et à l'extérieur des tubes à vide.* — Bosi. *Résistance électrique des solutions salines en mouvement.* — Melani. *Influence du magnétisme sur les étincelles dans les gaz raréfiés.* — Battelli. *Relations des rayons cathodiques et des rayons Röntgen.* — Battelli et Garbasso. *Action des rayons cathodiques sur les conducteurs isolés.* — Garbasso. *Mode d'interprétation des expériences de M. Zeemann.* — Garbasso. *Comment se fait l'étincelle d'un condensateur quand deux voies lui sont offertes.* — Milani. *Influence du magnétisme sur la conductibilité électrique des solutions de chlorure de fer.* — Federico. *Téléphone différentiel pour la mesure des résistances des électrolytes.* — Garbasso. *Sur un système dicyclique imparfait, qui représente les circuits pourvus d'induction et de capacité.* — Garbasso. *Forme de la perturbation dans un rayon de lumière solaire.* — Carnazzi. *Influence de la pression sur l'indice de réfraction des gaz.*

J. Sauter. L'induction d'un tore a enroulement partiel. *Thèse*, Zürich 1897 (*Wied. Ann.*, 62, page 85, 1897).

L'auteur a pris deux tores à section carrée, l'un formé de fil de fer fin, l'autre de lamelles de tôle en forme de couronne circulaire, et les a étudiés avec des enroulements recouvrant la moitié, le quart et le huitième de leur circonférence ; ses recherches ont porté sur les points suivants :

La variation, en fonction de la force magnétomotrice : 1° du flux d'induction moyen Φ, et 2° de la « Déperdition » $\frac{\Phi \text{ max.} - \Phi \text{ min.}}{\Phi \text{ max.}}$. 3° la variation du flux d'induction le long de la périphérie de l'anneau, le courant inducteur étant constant.

Deux bobines mobiles entourant la jante de l'anneau étaient reliées à un balistique dont l'élongation mesurait la quantité d'électricité induite par un brusque renversement du courant inducteur ; l'intensité de ce dernier était mesurée à la boussole.

Les résultats sont consignés en deux graphiques, un pour chaque tore étudié, qui donnent le flux moyen et la courbe de « déperdition » les deux en fonction de la force magnétomotrice $F = 4\pi n_1 I$.

Quand au flux d'induction, il est représenté par une série de Fourier $\Phi = \Phi_0 + \Phi_1 \cos \omega + \Phi_2 \cos 2\omega + \ldots$ (ω étant l'arc séparant le point considéré du milieu de l'enroulement). L'auteur a donné dans le tableau A les valeurs correspondantes de H et de $\frac{\Phi_2}{\Phi_1}, \frac{\Phi_3}{\Phi_1}$ etc.

La seconde partie du travail est consacrée à une théorie mathématique approchée de l'induction du tore à enroulement partiel, théorie dont nous ne pouvons songer à reproduire ici tous les développements ; constatons seulement que l'auteur est arrivé, entre autres résultats, à calculer la « déperdition » (qui est une quantité caractéristique du circuit magnétique imparfait) en fonction de la force magnétomotrice et des dimensions relatives des divers éléments de l'anneau, et cela au moyen d'une relation de la forme :

$$I = \varkappa^2 H + \delta$$

$\varkappa'$ et δ étant des constantes, I l'intensité d'aimantation, H le champ inducteur. L'expérience a confirmé les résultats calculés.

Le résultat principal de ce travail est : « la déperdition est loin d'être constante pour un même circuit magnétique ; elle varie fortement avec la force magnétomotrice. »

L'auteur termine par une application de sa théorie à l'anneau Gramme, dans deux cas spéciaux : 1° l'anneau se trouve dans un champ uniforme perpendiculaire à son axe ; c'est le cas des dynamos.

2° L'anneau est complètement recouvert de spires, le sens du courant est différent dans les deux moitiés de l'enroulement. C'est l'étude de l'aimantation de l'anneau par le courant induit. E. St.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

G. Lunge et Ed. Marmier. Fabrication du chlore par le procédé de Mond au moyen du nickel (*Zeits. ang. Chem.*, 1897, p. 137, Zurich).

Ces chimistes ont étudié le procédé de Mond mais ne le recommandent pas. En faisant passer un mélange de HCl 25 % et d'air 75 %, sur la masse de Mond (pierre ponce imbibée de chlorure de nickel et séchée) ils ont trouvé que dans les meilleures conditions à 650° on obtenait seulement 54 % de Cl. En faisant passer alternativement HCl et l'air, la température la plus favorable est 450°-500° pour le passage d'HCl et 600-650° pour l'air, mais il faut souvent changer la masse, le rendement diminuant rapidement; il y a toujours une forte quantité d'HCl qui échappe au traitement, le chlore n'est jamais pur et les pertes en nickel sont consirables.

G. Lunge. Analyse du carbonate de sodium (*Zeits. ang. Chem.* 1897, p. 169, Zurich).

Lunge a controlé et recommande la méthode de J. Sund-

strom pour l'analyse rapide et quantitative du bicarbonate de sodium qui consiste à doser l'alcali total par un acide titré et à transformer une autre partie du sel à analyser en monocarbonate de sodium par la soude caustique $NaHCO_3 + NaOH = Na_2CO_3 + OH_2$ un excès de soude se révèle immédiatement par le nitrate d'argent.

M. Merlis. Composition des graines et des germes étiolés du lupinus augustifolius (*Landw. Ver. Stat.* 48, p. 419, Zurich).

L'auteur trouve que pendant la germination, il ne se perd point d'azote, les principes albuminoïdes diminuent et il se forme de l'asparagine, des acides amidés et des bases; la nucléine et autres substances inassimilables augmentent, la lécithine diminue ainsi que les glycérides, tandis que la cholestérine augmente. Les hydrates de carbone tendent à disparaître et la cellulose augmente beaucoup. Les cotylédons perdent en 2 $^1/_2$ semaines de germination presque toute leur réserve en substances protéiques, ils ne renferment plus alors qu'un septième de substances grasses et $^1/_{10}$ de lécithine. Jusqu'au 9e jour de germination la décomposition des substances protéiques marche très vite puis se ralentit pour disparaître entre le 12 et le 18e jour; l'asparagine augmente vite jusqu'au 12e jour puis le processus se ralentit jusqu'au 15-18e jour quoiqu'à ce moment, la masse protéique ne diminue plus, il semble donc que l'asparagine ne soit pas un produit primaire de la décomposition des principes albuminoïdes.

C. C. Keller. Analyse de la caféine dans le thé (*Ber. D. Pharm. Ges.* 7, p. 105, Zurich).

Ce chimiste extrait le thé par le chloroforme et reprend le produit de l'évaporation par l'alcool dilué pour éliminer la chlorophyle; sa caféine est très pure, il trouve comme moyenne de l'analyse de 50 thés divers, 3,064 °/₀ de caféine

allant de 1,78 % pour un thé d'Hysan à 4,24 % pour un Pecco.

C. C. KELLER. Les glucosides des feuilles de la digitale et leur analyse quantitative (*Ber. D. Pharm. Ges.* 7, p. 125, Zurich).

L'auteur trouve que les glucosides renfermés dans les feuilles et les graines de digitale sont identiques et que le principe actif est la digitoxine, il donne un procédé d'extraction et de dosage et une réaction colorée spéciale à la digitoxine par l'action de l'acide sulfurique concentré, sur le glucoside dissout dans l'acide acétique glacial en présence de perchlorure de fer.

ALFRED WERNER. Contribution a la constitution des combinaisons anorganiques. Combinaisons ammoniacales du cobalt et leur nomenclature (*Zeits. anorg. Chem.* 14, p. 21, Zurich).

L'auteur rejette l'ancienne nomenclature basée en partie sur la couleur des combinaisons et en propose une nouvelle basée exclusivement sur les composants.

R. GNEHM et E. BÆNZIGER. Sur le 2,5 dichlorbenzaldéhyde (*Liebig's Ann.* 296, p. 62), et R. GNEHM et R. SCHÜLE (*Liebig's Ann.* 299, p. 347, Zurich).

Ce travail est le développement de celui qui a déjà paru *Archives* 101 t. II, p. 78; quelques nouveaux dérivés ont été préparés et étudiés surtout au point de vue de leur utilisation dans l'industrie des matières colorantes.

G. LUNGE et C. MILLBERG. Action des alcalis caustiques et des carbonates alcalins sur la silice (*Zeits. Ang. Chem.* 1897, p. 425, Zurich).

Les auteurs ont continué leurs recherches en étudiant à ce point de vue spécial les silices hydratées, l'opale, des mé-

langes de quartz et d'opale, la pouzzolane et le trass; ces dernières substances ont été reconnues ne pas renfermer de silice libre.

A. Werner. Sur la grandeur moléculaire de quelques sels inorganiques (*Zeit. anorg. Chem.* 15 p. 1, Zurich).

Le prof. Werner a déterminé avec ses élèves les poids moléculaires de plusieurs sels inorganiques; avec P. Ferkland, il a préparé des produits d'addition de quelques halogénides avec la pipéridine et a déterminé au moyen de la pipéridine les poids moléculaires de plusieurs sels; avec M. Schmuylow, il s'est servi dans le même but de la pyridine avec A. Maiborn du sulfure de méthyle et avec M. Stephani du sulfure d'éthyle, ainsi que du benzonitrile. Le résultat est que pour les chlorures d'aluminium, de fer et de cobalt ainsi que pour le bromure de cobalt et le chlorure ferreux les formules moléculaires sont simples, il en est de même pour les combinaisons d'étain et de plomb. Pour le cuivre, la formule CuX est normale, mais les sels ont une tendance plus ou moins marquée à se polymériser en molécules doubles, il en est de même pour l'argent, pour ce dernier la polymérisation tend à tripler la molécule.

G. Lunge et E. Harbeck. Analyse des bicarbonates (*Zeits. ang. Chem.* 1897, p. 522, Zurich).

La méthode n'est valable que pour les bicarbonates à l'état solide, elle repose simplement sur l'analyse volumétrique de l'acide carbonique qui se dégage lorsqu'on les chauffe vers 260 à 270°, elle est simple et rapide. Pour l'appareil voir l'article original.

E. Drechsel. Sur un éther silicilique extrait des plumes (*Centr. Bl. f. Physiol.* 11. p. 361, Berne).

L'auteur a extrait de plumes blanches au moyen d'alcool et d'éther, un corps qui se sépare à froid, fond vers 52° et a la composition $Si\,(OC_{34}H_{59}O)_4$.

En traitant de la cholestérine dissoute dans le chloroforme, par du chlorure de silicium, il a obtenu un corps fusible vers 59° ayant les mêmes propriétés.

Fr. Feist. De l'existence des condensations cycliques dans la position para (*Berichte* XXX, 1982, Zurich).

Résultat négatif pour obtenir une condensation entre les deux atômes N en position para de la 2,5, diméthylpipérazine, au moyen de $C_2H_4Br_2$, $C_2H_4J_2$ ou CS_2.

E. Schulze. Décomposition des substances albuminoïdes et de la production de l'asparagine et de la glutamine pendant la germination (*Chem. Ztg.*, 21, p. 625, Zurich).

L'auteur croit que l'albumine se décompose pendant la germination de la même manière dans toutes les plantes, les différends acides formés ne différant pas en qualité mais en quantité relative, l'un ou l'autre des produits amidés formés se transformant plus ou moins vite suivant la plante, pour concourir à la formation de l'asparagine et de la glutamine, qui ne proviennent en aucun cas des albumoses ou des peptones. Ces deux bases serviraient ensuite à la régénération de l'albumine dans la plante elle-même et le processus serait tout à fait analogue à celui qui a lieu dans les animaux.

E. Schulze et M. Merlis. Lécithine extraite de quelques graines et de tourteaux oléagineux (*Landw. Vers. Stat.* 49, p. 203, Zurich).

D'après ce travail, les graines de légumineuses riches en matières azotées renferment la plus grande proportion de lécithine, il y en a moins dans les graines de graminées ou oléagineuses, et dans celles des conifères. Dans les tourteaux des graines oléagineuses la quantité de lécithine est très variable, elle est en général faible, soit que la lécithine ait passé dans l'huile extraite, soit qu'elle se soit décomposée partiellement dans les tourteaux après l'extraction de l'huile.

Alfred Werner et Fr. Fassbender. Contribution a la constitution des combinaisons anorganiques. Sur la réaction d'Anderson (*Zeit. anorg. Chem.* 15, p. 123, Zurich).

Les auteurs ont étudié et vérifié la réaction d'Anderson

$$Py_2H_2PtCl_6 = 2HCl + Pt\,Cl_4Py_2$$

Avec d'autres bases que la pyridine et l'ont trouvée exacte. Ils ont préparé quelques nouveaux sels organiques du platine.

Alfred Werner. Sels cobaltiques tri et diaminés (*Zeits. anorg. Chem.*, 15, p. 143, Zurich).

Ce chimiste a préparé de nombreux sels cobaltiques tri et diaminés et discute leurs formules.

Fr. Fichter et Eugen Gully. Sur l'acide δ. ε hepténique (*Berichte*, XXX, 2047, Bâle).

Préparation de cet acide $CH_3CH = CH(CH_2)_3COOH$, de plusieurs de ses sels et dérivés.

Fr. Fichter et Werner Langguth. Sur l'acide α oxy-α-méthyladipique et sur l'acide δ. ε. hexénique. (*Berichte*, XXX, p. 2050, Bâle).

Ces chimistes ont préparé l'acide α oxy α méthyladipique pour étudier l'action de la chaleur sur cet acide qui renferme au même atôme de carbone un groupe carboxyle et un groupe hydroxyle. Ses sels alcalins chauffés à 100° donnent l'acide capro. δ. lacton. δ. carbonique qui est très instable, et par distillation sèche, un acide bibasique $C_7H_{10}O_4$ et un mélange des acides γ. δ. hexénique et δ. ε. hexénique.

A. Wroblewski. Sur l'amidon soluble (*Berichte*, XXX, p. 2108, Zurich).

L'auteur attire l'attention sur les différences qui existent entre l'amidon soluble et l'amylodextrine qui réagissent

différemment soit avec J soit avec la liqueur de Fehling; il donne un procédé de préparation de l'amidon soluble au moyen de la potasse diluée (1 %).

G. LUNGE et ED. CEDERCREUTZ. ANALYSE DU CARBURE DE CALCIUM, DE L'ACÉTYLÈNE ET DE SA PURIFICATION (*Zeits. ang. Chem.* 1897, p. 651, Zurich).

Il est recommandé vu l'irrégularité des morceaux de carbure qu'on rencontre dans le commerce, d'analyser 100 gr. de produit concassé, qui doit donner au moins 300 l. de gaz par kilog. Le gaz traverse un appareil à boules renfermant de l'hypochlorure de sodium qui retient PH_3 et l'oxyde à l'état d'acide phosphorique qu'on dose, ainsi qu'H_2S qu'on dose à l'état d'acide sulfurique. D'après Lunge, S se trouve non seulement à l'état d'H_2S mais sous d'autres états encore dans le gaz acétylène. Les impuretés peuvent s'élever jusqu'à 4 % dont les principales sont PH_3. SH_2. Mais il renferme aussi NH_3, CO, H, N et O.

E. WINTERSTEIN. DE LA COMBINAISON PHOSPHORÉE QUI DONNE NAISSANCE A L'INOSITE (*Berichte*, XXX, p. 2299, Zurich).

Si on extrait par l'acide acétique les graines de sinapis nigra, pulvérisées et dégraissées, NH_3 précipite une substance qui est probablement un sel de magnésie d'un phosphate double; ce corps traité par l'acide chlorydrique fumant, donne de l'inosite.

ALFRED WERNER et GEORG RICHTER. COMBINAISONS AMMONIACALES DU SULFOCYANURE DE CHROME ET DE LEURS STÉRÉOISOMÈRES (*Zeit. anorg. Chem.*, 15, p. 243, Zurich).

Discussion théorique des formules de ces combinaisons.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 2 mars 1898.

E. Bugnion. Nouvelle théorie du sommeil. — C. Bührer. Le tremblement de terre du 2 février. — H. Dufour et C. Dutoit. Expérience de Marconi.

E. Bugnion. *La nouvelle théorie du sommeil.* Le caractère essentiel du sommeil est l'abolition plus ou moins complète de la conscience de soi. La conscience et les facultés qui en dépendent (raisonnement, perceptions, volitions) sont momentanément suspendues, tandis que les fonctions organiques et les réflexes subsistent.

La conscience ayant pour instrument l'écorce grise du cerveau, la cause du sommeil doit être cherchée dans une modification passagère des éléments de cette écorce.

Les cellules nerveuses offrent deux espèces de prolongements : 1° le prolongement cylindraxile ou axone ; 2° les prolongements protoplasmiques ou dendrites. La cellule avec les prolongements qui en dépendent forme une *entité* appelée neurone. Les divers neurones ne s'anastomosent pas les uns avec les autres, mais entrent en relation par simple contact. La transmission de l'activité nerveuse se fait vraisemblablement de l'arborescence terminale du cylindraxe d'un neurone aux dendrites d'un neurone voisin (par contiguïté). On admet encore que les cellules d'un même groupe sont associées par contiguïté au moyen de leurs dendrites.

Des observations récentes ont montré d'autre part que les

éléments nerveux offrent des modifications en rapport avec leurs divers états fonctionnels. L'activité de la cellule se traduit par une augmentation, la fatigue par une diminution de volume du corps cellulaire et du nucléus. La cellule fatiguée est moins riche en substance chromatique que la cellule au repos ; son noyau offre des contours irréguliers ; son nucléole est souvent indistinct.

Les premières données que nous possédons sur cette question sont dues à Hodge (1888). D'autres travaux ont été publiés dès lors par Magini, Vas, Lambert, Lugaro, Lévi, Pergens, Pugnat, etc.

Demoor qui a étudié plus spécialement l'action des narcotiques sur les éléments nerveux, a constaté (sur des chiens tués par la morphine, le chloroforme, etc.) que les dendrites sont plus ou moins rétractées et présentent, au lieu de leur aspect normal, une série de grains unis par un mince filament (aspect perlé).

Wiedersheim examinant sous le microscope un entomostracé vivant (Leptodora hyalina) a remarqué que les cellules du ganglion céphalique offrent de continuels changements de forme. Les éléments nerveux de ce petit animal sont doués de mouvements amiboïdes !

Des faits si surprenants et si inattendus devaient suggérer de nouvelles conceptions sur le mode de fonctionnement du cortex cérébral. Partant de l'idée que les cellules nerveuses ne sont pas absolument fixes, mais qu'elles possèdent un certain degré de plasticité et de contractilité, Rabl Rückard (1890) a supposé qu'une légère expansion des arborescences terminales augmente le nombre des contacts, ouvre des voies de transmission, favorise par conséquent le travail psychique, tandis que la rétraction de ces filaments interrompt une partie des communications et produit une inconscience plus ou moins complète.

L'état de veille correspondrait à la phase d'activité des cellules (expansion), le sommeil à la phase de repos (rétraction).

Des vues analogues ont été développées dès lors par de Boeck (1891), Solvay, Lépine, Azoulay, Klippel (1894), Mathias

Duval (1895) et Pupin (1896). Elles ont été combattues en revanche par Kœlliker, van Gehuchten et Ramon y Cajal.

M. C. Buhrer communique à la Société les renseignements suivants sur le *tremblement de terre du 22 février 1898*. Un mouvement sismique a eu lieu le 22 février vers l'extrémité Sud du Lac de Neuchâtel. Le 22, à 2 h. du matin, premier choc, secousse faible, 6 h. du matin faible, 11 h. 43 07, choc très fort; à 1 h. 40, 2 h. et 2 h. 20, secousses de plus en plus faibles ressenties dans la partie centrale seulement; les derniers mouvements ont été remarqués le 24 au matin, à 2 et 6 heures.

Les effets de ce tremblement ont été signalés par les journaux, nous n'y reviendrons pas.

Le choc principal, à 11 h. 43' 07'' du matin a eu lieu près de Grandson, peut-être sous le lac, puisque les vagues observées sur la rive venaient d'Est.

A Grandson la population entière a ressenti le tremblement et a entendu le bruit qui l'accompagnait (ou le précédait suivant quelques-uns). Chacun est d'accord qu'il y avait violente détonation, pareil à un coup de canon tiré très près, suivi d'un roulement sourd comme une maison qui s'écroule. Ici seulement des cheminées ont été renversées M. Aug. Vautier dit que toutes sont tombées vers le S-O. La direction observée par la plupart des personnes indiquent N-S ou S-N.

A Sainte-Croix la direction est d'Est à Ouest, ou N-S, suivant les observateurs. Le bas du village, qui repose sur un sol tourbeux, a ressenti la secousse beaucoup plus que la partie supérieure, bâtie sur sol rocheux.

M. le pasteur de Perrot estime la force du choc aux valeurs suivantes :

Pour le bas du village de Sainte-Croix VI (échelle Forel-Rossi).

Pour le haut du » » IV à V.

La Sagne III.

Les Granges de Sainte-Croix II à I.

La région centrale dans laquelle les meubles ont été déplacés, des plafonds fendus, etc., forme un triangle compris

entre Provence, Sainte-Croix et Ependes. Un observateur de la Sarraz a fait la même observation chez lui. Dans cette région presque toutes les personnes couchées ou assises ont ressenti le tremblement, exceptionnellement seulement les personnes dans la position debout. Le bruit y a été perçu comme un fort roulement souterrain et le mouvement du sol ressemblait à une vague qui passe.

Dans le Val de Travers quelques personnes ont entendu du bruit, à Neuchâtel, Bevaix, Verrières le tremblement a été observé, mais pas de bruit, de même au Sud et à l'Est du foyer, à Echallens, au Mont-sur-Lausanne, sur la rive du Lac Léman de Morges à Veytaux, dans la vallée de la Broye jusqu'à Chevroux, en face de Bevaix.

A Payerne et à Estavayer personne n'en a ressenti quoi que ce soit.

A Grandson, à la seconde secousse, à 1 h. 40, les appareils téléphoniques du bureau central et chez quelques abonnés se sont mis à sonner (M. Aug. Vautier).

La même secousse a produit sur les écoliers assis dans une classe — au rez-de-chaussée — l'effet d'un courant électrique dans les jambes, écrit M. Aug. Walter, régent à Grandson.

A Yverdon des abonnés à la lumière électrique ont aperçu quelque chose comme un faible éclair. M. Ernest Combier, qui nous communique ce fait, dit que se trouvant dans ce moment en un endroit humide d'un jardin, « il s'est trouvé pendant plus d'une demi-heure sous une impression très pénible. »

MM. Henri Dufour et C. Dutoit font devant la Société les expériences de transmission des ondes électriques et de télégraphie sans fil de M. Marconi ; ils exposent l'historique des découvertes successives dont le système Marconi est la synthèse. Le cohéreur employé est celui de MM. Le Royer et van Berchem, de Genève formé d'aiguilles aimantées entre les deux extrémités desquelles on a fixé de la limaille de fer. Les appareils télégraphiques relais et Morse sont les appareils utilisés dans la pratique télégraphique courante.

Séance du 16 mars.

J. Amann. Observations urologiques. — Galli-Valerio. Notes helminthologiques.

M. J. Amann fait une communication sur quelques observations *d'urologie.* Il démontre la nécessité de considérer non seulement les quantités absolues des substances contenues dans l'urine mais aussi les *rapports* entre les substances. Ces rapports sont les coefficients urologiques.

M. le Dr Galli-Valerio présente les *notes helminthologiques* suivantes : 1° Un cas de ladrerie chez l'homme. Il s'agit d'un adulte de 50 ans, dont l'autopsie a été pratiquée par M. le prof. Stilling. Cet individu présentait 4 cysticerques, 2 en correspondance des muscles du bras gauche et 2 en correspondance de ceux du bras droit, M. Galli a eu l'occasion d'examiner 2 de ces cysticerques, et il a pu constater que l'un deux présentait tous les caractères du Cysticercus cellulosæ, tandis que l'autre était un Cysticercus cellulosæ sans rostellum et sans crochets. Ce cas parle en faveur de l'hypothèse émise par M. Blanchard, que les cysticerques observés par Arndt, Heller, Nabias et Dubreuilh chez l'homme et qu'ils ont considéré comme le C. bovis n'étaient autre chose que des Cysticercus cellulosæ anormaux.

2° Expériences sur le Cysticercus pisiformis *Zeder*. M. Galli a observé que ce cysticerque est tué : s'il est maintenu à 53° pendant une minute par une immersion d'une minute dans une solution de formaline à 1 °/₀ et en une demi-minute dans une solution de créoline à 2 °/₀, en 5 minutes dans une solution saturée de chlorure de sodium. Il a pu être conservé pendant 4 jours dans l'eau. L'observateur ayant avalé 6 cysticercus pisiformis vivants, n'a pas constaté de développement du T. serrata dans son intestin, ce qui parle contre les observations de Vital et Cauvet qui affirment avoir observé ce tænia chez un homme en Algérie.

3° Expériences sur les embryons de Strongylus apri.

Gmehlin. M. Galli a observé que les embryons de Strongylus placés dans l'eau et chauffés à 53° meurent en grande partie, quelques-uns seulement résistent jusqu'à 55°, quelquefois jusqu'à 58°. Sous l'influence des vapeurs de térébenthine de 20 à 25° ils meurent en 60 minutes et 40 minutes sous l'influence d'un mélange de Mastichis, Euphorbe, résine de sandaraque et ol. tereb. Placés dans l'essence de térébentine ou dans ce mélange ils meurent en 2 ou 5 minutes. Desséchés à l'air, ils se trouvent encore vivants après deux jours si on les mouille avec de l'eau. Placés sur du papier buvard dans des chambres humides, ils ont été observés vivants pendant un mois sans noter de développement.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE

Séance du 17 mars 1898.

Dutoit et Friderich. Calcul indirect de la pression critique. — A. Bonna. Carbure double de calcium et de magnésium. — Arn. Pictet. Métamorphoses des Chrysalides de Rhopalocères. — C. de Candolle. Don de volumes.

MM. Paul Dutoit et L. Friderich présentent une note sur *le calcul indirect de la pression critique.*

D'après la loi de MM. Ramsay et Shields, l'énergie superficielle moléculaire des liquides, considérés à des températures correspondantes, est proportionnelle à leur température critique

$$(1) \qquad \gamma\,(Mv)^{\frac{2}{3}} = K\,Tc.$$

D'autre part, il existe entre les coefficients critiques et les volumes moléculaires des corps, considérés également à des températures correspondantes, la relation approchée

$$(2) \qquad Tc : Pc = \rho.\ Mv.$$

Des équations 1 et 2 on déduit

$$(3) \qquad Pc = K' \frac{\gamma\,(Mv)^{\frac{2}{3}}}{Mv} = K' \frac{\gamma}{\sqrt[3]{Mv}}$$

relation qui permet de calculer la pression critique des liquides dont on connaît la tension superficielle et le volume moléculaire.

Dans tous les cas où la vérification expérimentale a été

possible, nous avons trouvé une concordance remarquable entre les valeurs de la pression critique fournie par notre formule et les valeurs d'observation. Ce résultat présente, en dehors de son utilité pratique, un certain intérêt théorique.

La relation considérée au point de vue des théories de M. van der Waals, permet en effet d'évaluer le rayon de la sphère d'attraction des molécules. Ces recherches ainsi que nos vérifications expérimentales, feront l'objet d'une très prochaine note.

M. A. Bonna rend compte d'expériences sur les hautes températures qu'il a effectuées avec MM. Le Royer et van Berchem. Il s'agissait d'étudier la possibilité de la préparation d'un *carbure double de calcium et de magnésium* qui aurait théoriquement dégagé environ 14 % plus d'acétylène que le carbure ordinaire et dont la matière première, mélange des oxydes de calcium et de magnésium serait très simple à obtenir en partant de la dolomie.

Ce produit fut breveté, après le commencement de ces expériences, en Italie par MM. Tolomei et Ceconi, et aux Etats-Unis par M. Cabell Whitehead. Cette préparation ne s'est pas trouvée en pratique, avec les faibles moyens employés, bien facile; en fait on n'a jamais pu obtenir au laboratoire du Collège, ni à la station centrale d'Electricité où la Ville de Genève a gracieusement fourni du courant (jusqu'à 180-200 A.) un produit bien nettement défini et correspondant à l'analyse à une formule chimique admissible. La quantité de Mg n'a jamais été que très faible, irrégulière et en tout cas beaucoup moindre que ne le faisait prévoir la théorie: en outre la quantité de l'acétylène dégagé n'a jamais été supérieure à celle que fournissait un carbure de calcium bien pur.

Ces résultats ont amené M. Bonna à faire paraître une petite note dans la *Zeitschrift für Elektrochemie* (III n° 20) tendant à faire la lumière sur cette question de la réductibilité de la magnésie, question fort controversée et sur laquelle règnent les opinions les plus divergentes. En outre des brevets déjà mentionnés, T.-L. Willson a pris un brevet

en 1897 (anglais n° 21755) pour l'obtention de l'azoture de magnésium au moyen de l'action de l'azote sur un mélange de magnésium et de charbon: Borchers dans son ouvrage de l'*Electrométallurgie* admet aussi la réduction de la magnésie par le charbon, et considère ce fait comme connu depuis fort longtemps. M. Moissan au contraire n'admet pas cette réduction, et va jusqu'à dire que la connaissance de cette propriété, soit l'irréductibilité de la magnésie, lui a été tout particulièrement utile et l'a amené à utiliser cette substance dans beaucoup de cas spéciaux.

A la suite des affirmations de M. Borchers, que depuis longtemps il est arrivé à la réduction de la magnésie, déjà avec un courant de 50 amp., que tandis qu'une partie du magnésium formé se volatilise et brûle à la sortie du four, une certaine quantité reste dans le creuset sous forme de globules métalliques brillants, les essais ont été repris et ont en effet donné la formation de globules d'apparence métallique disséminés dans la masse: mais l'analyse n'y a révélé ni magnésium, ni calcium. La densité du Mg étant de 1.75, celle de ces globules atteignait 3,54: M. Albert Brun y a constaté la présence de petits cristaux en tables triangulaires et hexagonales, quelques-uns montrant des inclusions particulières, et d'un indice de réfraction compris entre ceux du soufre. Ils ont été isolés par suspension dans l'iodure de méthylène. M. Bonna conclut que sans affirmer avoir obtenu le même produit que M. Borchers, il n'a jamais obtenu un carbure double, ce qui paraît entraîner la non réductibilité de la magnésie. Alors qu'il y a eu très nettement volatilisation de magnésie, qui se condensait sur l'anode et son support, il n'a pu isoler et identifier ce métal dans la masse, tout en y obtenant fort bien des globules d'apparence métallique, mais ne contenant pas de magnésium.

M. Bonna cite à l'appui de ces conclusions, qu'il a été appelé à examiner un produit, que lui a remis M. A. Brun. Cette substance qui se trouve dans les fours de carbure de l'usine de Vernier est très dure, rayée juste par l'acier bien trempé, de densité moyenne 6.072, lentement attaquée à froid par l'acide chlorhydrique, désagrégée par la fusion avec le carbonate de sodium, et le chlorate de potasse.

M. Bonna a trouvé à l'analyse

Si	24.41	25.24	Moyenne	24.82
Fe	73.45	73.83	»	73.64

Les pour cent qui manquent ont été du charbon, qui est brûlé dans l'attaque de la substance, et dont la présence n'a pu être évitée, même dans les morceaux bien cristallisés. M. Bonna a retrouvé dans cette substance les mêmes cristaux triangulaires et hexagonaux cités plus haut, mais en très petite quantité. Il se produit donc dans la pratique ces globules d'apparence métallique, parfaitement analogues à ceux obtenus au laboratoire; et M. Bonna signale ce fait curieux que ces deux corps arrivent à se combiner ainsi alors qu'ils ne se trouvent qu'en très petite quantité dans la masse, car l'usine de Vernier n'emploie que des substances d'une très grande pureté.

M. Arnold Pictet, présente *une note sur les métamorphoses des Chrysalides de Rhopalocères.* Quand on connaît les métamorphoses des chenilles, on remarque qu'il y a certains symptômes qui indiquent que l'éclosion est proche. Ces symptômes qui sont remarquablement visibles chez les Vanesses, résident principalement dans la teinte et la consistance des chrysalides. Evidemment le papillon est tout formé quelques heures avant l'éclosion ; il attend encore pour venir au jour. Les symptômes qui indiquent que l'éclosion est proche sont de trois sortes :

1°. Ceux qui résident dans la teinte des chrysalides, sont les plus importants. Leur teinte varie énormément, non seulement pendant la durée de la vie chrysalidaire, mais aussi suivant les espèces. Généralement elle devient toujours plus foncée à mesure que le moment de l'éclosion approche ; alors elle redevient plus claire, de la couleur du papillon qui est contenu à l'intérieur. La membrane de la chrysalide devenant transparente, on aperçoit tous les dessins et les taches des ailes, surtout les noirs, les blancs et les rouges ; les autres étant de la même couleur que la membrane de la chrysalide elle-même, ne se voient pas ; la chrysalide a alors

une physionomie très particulière. A mesure que l'on approche du moment de l'éclosion, ces dessins apparaissent plus nettement.

2°. La consistance des chrysalides est également un précieux symptôme de l'approche de l'éclosion : A ce moment, les papillons ont un moindre volume que l'enveloppe qui les entoure. C'est surtout l'abdomen qui est devenu plus petit. On l'aperçoit en foncé, dans l'intérieur de la chrysalide, tandis que les parties anguleuses qui sont absolument vides et n'ont plus aucun contact avec le corps du papillon, sont transparentes, jaunes ou grises, se sèchent très vite et peuvent s'enlever très facilement ; on peut même enlever toute la chrysalide anneau par anneau. Quand on enlève le dernier anneau thoracique, il entraîne avec lui, si l'éclosion est proche, tous les fourreaux situés à la face ventrale, qui se détachent à leur partie antérieure, de la plaque dorsale ; celle-ci également se détache facilement. Le papillon se trouve complètement à nu, tel qu'il est au moment de l'éclosion.

3°. Les quatre ailes du papillon telles qu'elles sont sous les fourreaux, fournissent encore de précieuses indications : Supérieures et inférieures doivent être complètement sèches pour être prêtes à se développer à l'air libre. *L'humidité* que l'on constate sur les ailes pendant le développement aérien, n'a rien à faire alors ; elle provient de l'afflux du liquide sanguin, mais après l'éclosion.

Quant aux moyens de faciliter et de hâter l'éclosion, une fois que tous les symptômes que nous venons de voir ont été constatés, ils sont de deux sortes : On peut, par un moyen d'excitation quelconque, ainsi en piquant légèrement son abdomen, réveiller le papillon. On peut aussi soumettre la chrysalide à une simple augmentation de température, par exemple, en la plaçant au-dessus et à une certaine distance d'une bougie allumée. On hâte ainsi l'éclosion, qui a lieu devant soi 20 à 30 minutes après. Cela ne change en rien la marche du développement des ailes du papillon, qui ne fait qu'éclore plus tôt. Une grande partie des avortons que M. Pictet a obtenus, proviennent d'éclosions ainsi artificielles;

ils sont identiques à ceux provenant d'éclosions naturelles. Il a laissé des papillons éclos artificiellement, se développer jusqu'au bout et ils ne présentent aucune différence avec les papillons de même espèce que nous voyons dans les prairies.

L'éclosion naturelle a lieu de la façon suivante : En se réveillant le papillon tâche de soulever ses ailes, ses pattes et ses antennes ; il y arrive avec peine ; tous les fourreaux sous cette pression finissent par se dessouder à leur partie antérieure, ce qui permet une légère pénétration d'air dans la chrysalide ; cela a pour effet, de donner à la masse des poils thoraciques un plus grand volume, ce qui contribue à augmenter l'écartement des fourreaux qui restent toujours soudés postérieurement. Le papillon alors avance la tête, ce qui détache la plaque dorsale, qui se fend longitudinalement (chez les bombyx, généralement, la plaque dorsale du thorax se détache complètement et tombe dans le cocon). La chrysalide se trouve ainsi ouverte devant ; le papillon en sort tout naturellement; et, comme elle est fixée postérieurement il peut facilement tirer son abdomen au dehors. Mais, pour l'observation, il a fallu dépendre les chrysalides ; n'étant plus fixées, quand le papillon veut en sortir et marche en avant, la chrysalide le suit, et pour l'en débarrasser, il faut la tirer avec une pince. Laissé seul, le papillon s'en débarrasse en la poussant avec ses pattes, d'avant en arrière, loin de lui.

Le papillon n'agite pas ses ailes pendant toute la durée du développement aérien ; il le fait surtout au commencement, quand elles sont petites, rigides, n'étant pas encore déformées par l'afflux du liquide sanguin. Pendant la durée du développement, elles sont molles, humides, pendent comme des masses inertes et il n'a pas la force de les agiter ; il ne le pourra de nouveau, que quand elles seront complètement formées.

M. C. DE CANDOLLE remet à la Société de nombreux volumes envoyés par M. le Dr Altamirano, directeur de l'Institut médico national de Mexico.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 10 mars 1898.

C. Rüst. Analyse de l'eau de la source Marzis. — A. Pictet et P. Crépieux. Réduction de la nicotyrine. — C. Græbe et F. Hönigsberger. Constitution du chrysène.

M. C. Rüst donne les résultats de l'analyse qu'il a faite de l'eau de la *source Marzis*, à Plongeon [1].

M. le prof. Amé Pictet a entrepris, avec M. P. Crépieux, des essais pour transformer la *nicotyrine* (I) en *nicotine* (II).

CH—CH
—C CH
N
N
CH_3
I

CH_2—CH_2
—CH CH_2
N
N
CH_3
II

CH—CI
—C CH
N
N
CH_3
III

CH—CH_2
—C CH_2
N
N
CH_3
IV

[1] Voir *Archives* (4) **5**, 162.

La tâche consistait à réduire le noyau pyrrolique de la nicotyrine sans hydrogéner en même temps le noyau pyridique. Pour arriver à ce résultat, les auteurs ont mis à profit la propriété que possèdent les dérivés du pyrrol de donner en solution alcaline avec l'iode des produits de substitution, propriété qui fait défaut aux dérivés de la pyridine. Ils ont obtenu de cette manière, avec la nicotyrine, une *iodonicotyrine* qui répond très probablement à la formule III et qui cristallise en belles aiguilles incolores fusibles à 111°. Traité par le zinc et l'acide chlorhydrique, ce corps se convertit en une base de formule $C_{10}H_{12}N_2$, la *dihydronicotyrine* ou *méthylpyridylpyrroline* (IV). Celle-ci est un liquide incolore, possédant une odeur semblable à celle de la nicotine et bouillant à 245°; elle décolore immédiatement le permanganate en solution acide, ce qui montre qu'elle renferme encore une double liaison.

M. le prof. GRÆBE résume les données sur lesquelles reposent nos connaissances actuelles sur la *constitution du chrysène* et communique quelques nouveaux résultats obtenus dans son laboratoire par M. F. HÖNIGSBERGER. Celui-ci a préparé une *aminophénylnaphtaline,*

$$\begin{array}{l} C_6H_4—NH_2 \\ | \\ C_{10}H_7 \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{l} C_6H_5 \\ | \\ C_{10}H_6—NH_2 \end{array}$$

en soumettant l'acide chrysénique à la réaction de Hofmann. Il n'a pas mieux réussi que M. Bamberger à transformer la chrysoquinone dans l'acide dicarbonique correspondant à l'acide diphénique. L'oxydation va plus loin et fournit, par destruction de l'un des noyaux de la naphtaline, un acide biphényle-tricarbonique. En partant de la monoxime de la chrysoquinone il a obtenu, au lieu de l'imide

$$\begin{array}{l} C_6H_4 — CO \\ | \\ C_{10}H_6 — CO \end{array} \!\!\!> NH$$

qui se forme probablement comme produit intermédiaire, les deux acides isomériques :

$$\begin{matrix} C_6H_4-CO-NH_2 \\ | \\ C_{10}H_6-COOH \end{matrix} \quad \text{et} \quad \begin{matrix} C_6H_4-COOH \\ | \\ C_{10}H_6-CO-NH_2 \end{matrix}$$

Séance du 12 mai.

F. Ullmann. Purification de l'acétylène. — F. Kehrmann. Migration des doubles liaisons quinoniques dans les corps du type azonium.

M. F. Ullmann parle de la *purification de l'acétylène.* Il fait remarquer les grandes différences que présente ce gaz, au point de vue de sa pureté, suivant la manière dont il est préparé. Lorsqu'on emploie des appareils dans lesquels l'eau tombe goutte à goutte sur le carbure, l'acétylène qui se dégage précipite immédiatement une solution acidulée d'acétate de plomb, ce qui indique qu'il renferme de l'hydrogène sulfuré; il faut l'en débarrasser en le faisant passer à travers une solution alcaline, par exemple l'eau de chaux. Au contraire, lorsqu'on produit l'acétylène en projetant le carbure dans un excès d'eau, il ne donne aucun précipité avec l'acétate de plomb.

On peut, en outre, obtenir de l'acétylène absolument pur et inodore en décomposant par l'eau un mélange intime de carbure de calcium et d'un agent oxydant tel que le permanganate de potasse ou le bioxyde de manganèse.

M. F. Kehrmann propose une explication de la *migration des doubles liaisons quinoniques* que l'on a observée dans la

classe des composés du type *azonium*, et qui peut être représentée par l'équation :

R′ N N R Cl = R′ N N R Cl

M. Kehrmann estime que cette réaction est réglée par des lois comparables à celles qui régissent les phénomènes d'oxydation des hydroquinones par les quinones. On sait que cette oxydation a lieu toutes les fois qu'une hydroquinone relativement positive et de poids moléculaire élevé se trouve en présence d'une quinone négative et d'un poids plus faible. Exemple :

OH CH_3 C_3H_7 OH + O O = O CH_3 C_3H_7 O + OH OH

C'est une cause analogue qui fixe la position du groupement quinonique dans les composés du type de l'azonium. On peut, en effet, envisager ces derniers comme constitués par l'union d'un groupement hydroquinonique et d'un groupement quinonique, reliés par l'intermédiaire des deux atomes d'azote. Si la relation entre les deux parties de la molécule vient à changer, par suite d'une substitution ou de toute autre réaction modifiant le caractère chimique de l'un

des groupements, il y a alors migration des doubles liaisons, ainsi que le montrent les exemples suivants :

La réaction, qui est extramoléculaire pour les quinones, devient intramoléculaire pour les composés de l'azonium, mais elle est la même dans les deux cas. A. P.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1898

Le 1er, forte rosée le matin.
2, forte rosée le matin.
3, pluie le matin jusqu'à 1 h. du soir; à 6 h. du soir, arc-en-ciel double; couronne lunaire à 9 h. et à 10 h. la pluie commence à tomber.
4, fort vent à 1 h. du soir; à 3 h. 20 m. averse chassée par le vent; pluie à 10 h. du soir.
5, fort vent pendant tout le jour; quelques gouttes de pluie à 9 h. du soir.
6, vent violent dès le matin jusqu'à 4 h. du soir; pluie à 10 h. du matin et à 7 h. du soir; à 1 h. 35 m. 20 s. du soir, temps moyen de Genève, fin de plusieurs secousses de tremblement de terre; direction NNE.-SSW.; durée 4 secondes. A 9 h du soir, éclairs au SW. et au NE.
7, le matin, nouvelle neige sur le Salève; elle disparait pendant la journée; légère pluie à 10 h. du matin; forte bise à 4 h. du soir.
8, forte bise pendant toute la journée.
9, forte rosée le matin; légère pluie à 7 h du soir.
10, rosée le matin; quelques gouttes de pluie à 10 h. du matin.
11, fort vent pendant tout le jour.
12, pluie pendant la nuit et durant la journée jusqu'à 4 h. du soir; neige nouvelle sur le Salève et le Jura.
13, pluie le matin; de 9 h. 30 m. à 9 h. 40 m. du matin, forte chute de grésil.
14, forte rosée le matin; fort vent à 4 h. du soir et légère pluie à 5 h. 40 m. du soir.
15, fort vent pendant l'après-midi.
16, légère pluie depuis 4 h. du soir; depuis 7 h., éclairs à l'est.
17, la neige a disparu sur le Salève, forte bise à 1 h. du soir; pluie depuis 4 h. du soir pendant toute la soirée; à 3 h. 40 m. du soir, orage au nord, puis éclairs et tonnerres au SSE.; à 3 h. 55 m., nouvel orage au SSE.
18, forte bise à 4 h. du soir; pluie depuis 7 h. du soir.
20, pluie pendant tout le jour avec quelques intermittences; fort vent à 1 h du soir.
21, à 6 h. 20 m. du soir, tonnerres au SSE.; légère pluie à 10 h. du soir.
23, à 2 h. du soir, tonnerres au SE.; à 4 h., pluie chassée par un fort vent; légère pluie à 10 h. du soir
24, fort vent à 10 h. du matin.
25, pluie à 7 h. du soir; éclairs à l'ouest et au nord pendant la soirée.
26, fort vent jusqu'à 1 h. du soir; tonnerres à l'ouest à 2 h. 39 m. et à 2 h. 53 m.; pluie depuis 9 h. du soir; éclairs à l'ouest à 7 h. 35 m.
28, forte bise à 4 h. du soir; éclairs au sud-ouest à 4 h. 25 m. du soir.
29, arc-en-ciel partiel à 6 h. 20 m. du soir; quelques gouttes de pluie à 7 h.; forte bise à 10 h. du soir.
30, rosée le matin; forte bise à 4 h. du soir.
31, fort vent à 1 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 7 h. matin	727,08	Le 2 à 6 h. soir	720,60
5 à minuit	730,59	7 à 1 h. matin	729,04
12 à 11 h. soir............	716,31	12 à 5 h. matin	713,36
15 à 8 h. matin	729,34	16 à 4 h. soir	726,50
19 à minuit	718,00	19 à 6 h. soir	715,67
21 à 9 h. matin	726,31	21 à minuit...............	724,26
25 à minuit	721,02	25 à 4 h. soir	717,97
27 à 10 h. matin	724,40	27 à 10 h. soir............	722,06
30 à 11 h. soir	725,21	30 à 3 h. soir	723,10

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève

Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLOGNY R. Gautier	JUSSY M. Micheli	OBSERVAT.	COMPESIERES Pellegrin	ATHENAZ J.-J. Decor	SATIGNY P. Pelletier
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Total...	204.4	127.5	163.5	139.0	149.0	122.0	149.0

Durée totale de l'insolation à Jussy : 121 h 05 m.

Remarque. — Une erreur de copie s'est glissée dans le Résumé du mois de mars dernier. Il en résulte les corrections suivantes :

1898, mars, 22. Température minimum : + 3°,4, au lieu de + 5°,4.

Minimum moyen de la 3e décade : + 0°,60, au lieu de + 0°,78.

Minimum moyen du mois : + 0°,78, au lieu de + 0°,85.

GENEVE. — MAI 1898.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent Kil. par heure	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône Midi.	Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm					h.	+ °	°	cm
1	725,88	+ 0,93	724,13	727,08	+ 14,56	+ 3,50	+ 7,5	+ 20,2	666	— 28	460	960	...	..	N. 1	6,5	0,33	12,0	...	.....	95,0
2	723,25	— 1,73	720,60	725,28	+ 15,78	+ 4,57	+ 9,3	+ 22,5	645	— 50	460	910	1,5	1	var.	6,0	0,90	7,1	11,3	+ 1,1	96,9
3	723,73	— 1,29	722,29	725,51	+ 9,40	— 1,95	+ 7,6	+ 15,4	880	+ 185	830	930	21,4	16	var.	7,1	1,00	0,2	10,7	+ 0,4	97,5
4	727,15	+ 2,09	725,31	730,48	+ 11,09	— 0,40	+ 6,6	+ 16,6	706	+ 11	500	910	4,7	1	WSW 1	10,4	0,75	6,1	10,4	0,0	99,5
5	729,96	+ 4,86	729,27	730,59	+ 12,11	+ 0,47	+ 5,[illegible]	+ 18,9	702	+ 7	400	990	0,1	..	SSW. 1	8,8	0,88	4,7	8,8	— 1,7	97,0
6	726,97	+ 1,83	724,13	729,70	+ 12,07	+ 0,29	+ 8,0	+ 15,8	759	+ 63	620	870	11,4	4	SSW. 2	15,4	0,92	0,9	8,4	— 2,3	97,5
7	729,50	+ 4,32	729,04	730,46	+ 8,49	— 3,44	+ 6,0	+ 11,8	720	+ 24	550	920	0,8	1	NN.. 1	10,0	0,97	4,2	7,8	— 3,0	100,5
8	729,19	+ 3,97	728,61	730,16	+ 10,60	— 1,47	+ 7,2	+ 15,1	653	— 43	430	820	...	..	NNE. 3	24,0	0,57	9,7	...	.....	105,0
9	727,79	+ 2,53	726,40	729,20	+ 11,16	— 1,05	+ 4,8	+ 17,3	730	+ 33	500	1000	0,1	..	N. 1	4,6	0,70	7,2	9,0	— 2,0	104,0
10	726,60	+ 1,29	725,66	727,63	+ 12,49	+ 0,43	+ 8,5	+ 17,1	759	+ 62	600	960	0,0	..	calme	3,8	0,73	0,6	...	.....	106,0
11	720,38	— 4,97	716,08	725,02	+ 15,24	+ 2,74	+ 10,3	+ 20,3	607	— 90	400	920	0,1	..	SSW. 2	20,4	0,90	4,8	10,2	— 1,0	103,2
12	715,20	—10,19	713,36	716,31	+ 8,31	— 4,33	+ 5,2	+ 16,5	843	+ 145	570	960	34,4	15	SSW. 1	13,1	0,98	0,0	10,0	— 1,3	105,5
13	722,64	— 2,80	716,74	727,33	+ 7,43	— 5,35	+ 5,0	+ 12,8	711	+ 13	430	850	3,9	1	SSW 1	10,8	0,68	3,6	8,9	— 2,6	108,0
14	727,94	+ 2,46	727,28	729,05	+ 10,36	— 2,56	+ 2,8	+ 17,8	639	— 60	370	1000	0,1	..	var.	10,0	0,75	6,8	9,0	— 2,6	109,6
15	728,54	+ 3,01	727,36	729,34	+ 15,26	+ 2,19	+ 9,7	+ 21,0	531	—168	430	700	...	..	SSW. 1	9,6	0,85	4,2	...	.....	109,0
16	727,82	+ 2,25	726,50	729,04	+ 13,91	+ 0,67	+ 10,4	+ 20,8	636	— 64	490	840	0,5	1	calme	2,9	0,92	6,3	9,3	— 2,5	106,4
17	724,93	— 0,69	722,98	727,33	+ 12,12	— 1,23	+ 8,8	+ 18,3	835	+ 135	560	990	28,0	7	var.	2,5	0,87	6,0	9,5	— 2,4	107,0
18	720,44	— 5,22	717,94	724,39	+ 11,53	— 1,96	+ 9,5	+ 14,4	864	+ 164	730	980	1,0	1	N. 1	8,1	1,00	0,0	10,2	— 1,9	109,5
19	716,93	— 8,78	715,67	718,00	+ 14,00	+ 0,38	+ 11,1	+ 18,8	767	+ 66	570	920	0,9	1	N. 1	5,8	0,98	2,9	...	.....	107,0
20	719,52	— 6,23	716,55	724,39	+ 11,12	— 2,64	+ 9,7	+ 14,2	843	+ 142	760	960	12,0	15	SSW. 1	8,8	1,00	0,0	9,6	— 2,7	108,5
21	725,21	— 0,59	724,26	726,31	+ 11,20	— 2,70	+ 8,5	+ 18,0	825	+ 123	580	980	13,0	4	N. 1	6,1	0,72	6,4	12,0	— 0,4	110,0
22	722,85	— 2,99	720,10	725,19	+ 11,78	— 2,25	+ 6,7	+ 17,8	817	+ 115	540	980	0,3	..	calme	2,5	1,00	0,9	...	.....	107,0
23	721,36	— 4,53	720,31	722,93	+ 14,49	+ 0,32	+ 9,9	+ 21,8	751	+ 49	520	950	0,0	..	SSW. 1	6,9	0,90	4,6	12,5	— 0,2	108,2
24	722,11	— 3,82	721,03	722,98	+ 14,49	+ 0,19	+ 11,4	+ 19,1	670	— 33	470	850	...	..	SSW. 1	9,4	0,83	4,8	12,7	— 0,1	109,0
25	719,63	— 6,35	717,97	721,02	+ 15,46	+ 1,02	+ 11,1	+ 22,1	668	— 35	280	810	1,5	1	var.	8,3	0,73	8,8	11,8	— 1,1	106,5
26	720,94	— 5,08	719,47	723,37	+ 13,97	— 0,60	+ 10,2	+ 20,1	695	8	430	900	2,9	2	SSW. 2	13,1	0,87	6,8	11,0	— 2,0	104,5
27	723,32	— 2,75	722,06	724,40	+ 13,46	— 1,24	+ 8,9	+ 17,7	737	+ 33	520	990	0,2	..	NNE. 1	7,1	0,88	7,1	11,5	— 1,6	105,5
28	722,56	— 3,55	721,65	723,57	+ 13,69	— 1,14	+ 10,8	+ 17,6	685	— 19	560	830	0,5	1	NNE. 1	10,8	1,00	0,6	11,8	— 1,4	105,5
29	723,31	— 2,85	722,60	724,17	+ 13,50	— 1,46	+ 10,9	+ 18,5	665	— 39	360	940	0,0	..	NNE. 2	13,3	0,87	4,9	...	.....	106,0
30	723,96	— 2,24	723,10	725,21	+ 12,80	— 2,29	+ 7,4	+ 18,2	668	— 36	480	990	...	..	var.	7,5	0,80	4,3	13,0	— 0,5	104,5
31	724,25	— 2,00	722,75	725,11	+ 13,79	— 1,42	+ 10,3	+ 18,1	649	— 55	510	910	...	..	SSW. 1	11,9	0,98	2,7	13,1	— 0,5	102,3
Mois	724,00	— 1,24			+ 12,44	— 0,76			720	+ 16						9,21	0,85		10,52	—1,20	104,57

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1898

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,49	727,12	727,23	727,27	726,55	726,12	726,69	727,54
2e »	722,76	722,39	722,65	722,52	722,06	721,91	722,36	722,82
3e »	722,78	722,72	723,11	723,02	722,59	722,04	722,37	722,82
Mois	724,30	724,03	724,29	724,23	723,70	723,31	723,76	724,35

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 9,82	+ 8,12	+ 10,06	+ 13,03	+ 14,83	+ 14,24	+ 12,99	+ 11,11
2e »	+ 10,32	+ 9,40	+ 10,18	+ 13,17	+ 14,63	+ 14,30	+ 12,24	+ 11,19
3e »	+ 11,08	+ 9,88	+ 11,70	+ 15,01	+ 17,32	+ 16,54	+ 13,95	+ 12,61
Mois	+ 10,43	+ 9,16	+ 10,68	+ 13,78	+ 15,65	+ 15,07	+ 13,09	+ 11,67

Fraction de saturation en millièmes.

1re décade	830	910	805	651	558	602	671	749
2e »	822	852	828	666	582	603	705	763
3e »	848	900	822	626	516	531	685	766
Mois	834	888	818	647	551	577	687	760

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	+ 7,05	+ 17,04	+ 9,49	0,77	52,7	9,66	39,7	99,89
2e »	+ 8,25	+ 17,49	+ 9,59	0,89	34,6	9,20	80,9	107,37
3e »	+ 9,65	+ 19,00	+ 12,16	0,87	51,9	8,81	18,4	106,27
Mois	+ 8,36	+ 17,88	+ 10,52	0,85	139,2	9,21	139,0	104,57

Dans ce mois l'air a été calme 26,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 0,78 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 2°,9 E. et son intensité est égale à 12,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1898.

Le 2, brouillard à 4 h. du soir; pluie à 7 h.; neige et fort vent à 10 h. du soir; hauteur de la neige : 8cm,0.
3, fort vent le matin jusqu'à 4 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du matin à 1 h. du soir; neige à 4 h. du soir.
4, brouillard à 7 h. du soir.
6, neige à 1 h. et à 4 h. du soir; brouillard de 7 h. à 10 h. du soir; forte bise de 7 h. à 10 h. du soir.
7. brouillard de 7 h. à 10 h. du matin; très forte bise pendant toute la journée.
8, brouillard à 4 h. du soir; forte bise depuis 1 h. du soir.
10, brouillard depuis 1 h. à 7 h. du soir.
11, fort vent depuis 7 h. à 10 h. du soir; hauteur de la neige : 10cm,0.
12, neige à 7 h. du matin et depuis 1 h. à 7 h. du soir; hauteur : 28cm,0; forte bise à 1 h. du soir.
13, neige depuis 7 h. à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; brouillard à 1 h. et depuis 7 h. à 10 h. du soir; hauteur de la neige : 10cm,0.
15, neige à 7 h. du matin; brouillard à 10 h. du matin.
16, neige et fort vent à 7 h. du soir.
17, brouillard à 7 h. du matin; neige depuis 7 h. à 10 h. du soir; hauteur de la neige : 4cm,0.
18, fort vent de 1 h. à 4 h. et à 10 h. du soir.; brouillard à 7 h. du matin et à 10 h. du soir; neige depuis 1 h. à 7 h. du soir; hauteur . 15cm,0.
19, neige depuis 7 h du matin à 4 h. du soir; hauteur : 4cm,0; brouillard depuis 7 h. à 10 h. du soir.
20, brouillard à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; neige depuis 7 h. à 10 h. du soir; hauteur : 10cm,0; fort vent à 1 h. du soir.
21, brouillard depuis 7 h. à 10 h. du matin et depuis 4 h. à 10 h. du soir; neige à 1 h. du soir.
22, brouillard pendant toute la journée; fort vent depuis 4 h. à 10 h. du soir.
23, brouillard depuis 7 h. à 10 h. du matin et depuis 7 h. à 10 h. du soir; neige à 4 h. du soir.
24 neige à 4 h. du soir.
26, brouillard à 7 h. du soir.
27, neige à 7 h. du soir.
28. neige à 7 h. du matin et brouillard pendant le reste de la journée; forte bise à 4 h. du soir.
29, brouillard pendant tout le jour.
30, brouillard à 7 h. du matin et depuis 4 h. à 10 h. du soir.
31, brouillard depuis 7 h. à 10 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 11 h soir	567,60	Le 1er à minuit	565,40
3 à minuit	564,00	3 à 4 h. soir	561,38
5 à 7 h soir	567,93	5 à 7 h. matin	565,88
11 à minuit	564,00	7 à 7 h. matin	561,08
15 à 1 h. soir	568,10	9 à 7 h. matin	564,09
19 à 10 h matin	558,61	12 à 6 h. soir	552,70
21 à 4 h. soir	564,83	15 à minuit	567,10
25 à minuit	560,70	20 à 7 h. matin	556,63
27 à 11 h. matin	564,45	21 à minuit	562,50
31 à minuit	562,56	26 à 4 h. matin	559,50
		27 à minuit	562,16
		31 à 4 h. matin	561,76

SAINT-BERNARD. — MAI 1898

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant.		
	millim.	millim	millim.	millim.	°	°	°	°	cm.	mm				
1	566,89	+ 4,17	565,40	567,60	+ 2,51	+ 3,94	— 1,1	+ 7,2	.....	.....	....	SW.	1	0,17
2	566,01	+ 3,19	564,08	567,90	+ 2,34	+ 3,62	— 0,5	+ 6,0	8,0	28,7	....	SW.	1	0,85
3	562,23	— 0,69	561,58	564,00	— 1,39	— 0,25	— 4,0	+ 2,5	.....	.....	....	SW.	2	0,77
4	564,31	+ 1,29	562,99	566,40	— 1,49	— 0,49	— 6,0	+ 3,6	.....	.....	....	NE.	1	0,52
5	566,87	+ 3,76	565,88	567,93	— 0,71	+ 0,15	— 7,0	+ 3,7	.....	.....	....	NE.	1	0,62
6	564,43	+ 1,23	562,00	567,64	— 0,81	— 0,09	— 5,8	+ 8,7	.....	23,0	....	var.		0,92
7	562,04	— 1,26	561,08	564,22	— 6,36	— 5,78	— 8,2	— 4,6	.....	.....	....	NE.	3	0,75
8	564,43	+ 1,03	563,87	564,95	— 3,61	— 3,17	— 6,8	— 1,5	.....	.....	....	NE.	2	0,43
9	564,53	+ 1,03	564,09	565,00	— 1,41	— 1,11	— 5,9	+ 1,3	.....	.....	....	NE.	1	0,32
10	563,90	+ 0,30	563,51	564,10	— 1,29	— 1,13	— 4,0	+ 1,5	.....	.....	....	NE.	1	0,80
11	561,10	— 2,59	558,22	564,00	+ 2,99	+ 3,01	— 2,9	+ 8,6	10,0	8,0	....	SW.	1	0,42
12	554,06	— 9,73	552,70	556,42	— 3,91	— 4,03	— 7,4	+ 2,8	28,0	30,0	....	var.		0,87
13	558,03	— 5,86	553,47	561,99	— 3,86	— 4,12	— 8,2	+ 3,3	10,0	9,5	....	NE.	1	1,00
14	564,67	+ 0,68	562,00	567,02	— 1,83	— 2,23	—11,3	+ 5,7	.....	.....	....	SW.	1	0,32
15	567,71	+ 3,62	567,10	568,10	+ 0,67	+ 0,14	— 3,9	+ 5,0	.....	.....	....	SW.	1	0,55
16	566,80	+ 2,62	566,16	567,87	+ 2,54	+ 1,88	+ 0,5	+10,7	.....	.....	....	SW.	1	0,50
17	564,01	— 0,27	563,01	566,25	+ 0,42	— 0,38	— 0,2	+ 4,0	4,0	5,5	....	SW.	1	0,80
18	560,76	— 3,62	558,81	562,80	— 1,01	— 1,94	— 2,5	+ 3,5	15,0	26,0	....	SW.	2	0,98
19	558,48	— 6,30	557,30	558,61	+ 0,47	— 0,59	— 1,7	+ 5,5	4,0	10,8	....	SW.	1	1,00
20	558,68	— 5,89	556,63	562,00	— 0,89	— 2,08	— 2,7	+ 4,2	10,0	8,0	....	SW.	1	0,90
21	563,67	— 0,99	562,50	564,83	— 2,03	— 3,35	— 3,3	+ 2,2	.....	.....	....	SW.	1	1,00
22	563,36	— 1,40	562,59	564,30	— 0,99	— 2,44	— 2,8	+ 1,7	.....	.....	....	SW.	2	1,00
23	562,44	— 2,42	562,23	562,79	— 0,33	— 1,91	— 2,5	+ 4,4	.....	.....	....	SW.	1	0,97
24	561,45	— 3,50	561,04	562,31	+ 1,57	— 0,14	— 1,1	+ 8,5	.....	.....	....	var.		0,45
25	560,15	— 4,89	559,60	560,70	+ 3,69	+ 1,86	— 0,6	+10,3	.....	.....	....	NE.	1	0,37
26	560,71	— 4,42	559,50	562,20	+ 1,87	— 0,08	— 0,7	+ 8,3	.....	.....	....	var.		0,63
27	562,87	— 2,36	562,16	564,45	+ 2,51	+ 0,44	— 2,5	+ 9,1	.....	15,0	....	var.		0,67
28	561,05	— 4,27	560,00	561,69	— 1,03	— 3,22	— 1,6	+ 2,4	.....	.....	....	NE.	1	1,00
29	561,35	— 4,06	560,69	562,51	— 1,14	— 3,45	— 2,3	+ 3,2	.....	.....	....	NE.	1	1,00
30	561,34	— 4,16	560,49	562,36	— 1,31	— 3,74	— 3,1	+ 3,0	.....	.....	....	NE.	1	0,80
31	562,12	— 3,47	561,76	562,56	+ 0,36	— 2,19	— 3,8	+ 5,3	.....	.....		NE.	1	0,43
Mois	562,58	— 1,26			— 0,43	— 0,94								0,70

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1898.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	565,01	564,47	564,22	564,54	564,41	564,39	564,68	564,79
2e » ...	561,30	560,94	561,20	561,54	561,55	561,48	561,54	561,66
3e » ...	561,73	561,40	561,68	561,90	562,03	562,01	561,99	562,08
Mois	562,65	562,24	562,37	562,63	562,64	562,61	562,71	562,82

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 1,87	+ 0,80	+ 1,17	+ 0,71	— 1,72	— 2,70
2e » ...	— 0,66	+ 2,29	+ 1,90	+ 1,07	— 1,15	— 2,36
3e » ...	— 0,38	+ 2,16	+ 3,09	+ 1,96	— 0,13	— 1,25
Mois	— 0,95	+ 1,76	+ 2,09	+ 1,27	— 0,97	— 2,07

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 4,93	+ 2,84	0,62	51,7	8,0
2e » ...	— 4,03	+ 5,33	0,73	97,8	81,0
3e » ...	— 2,21	+ 5,31	0,76	15,0	....
Mois	— 3,67	+ 4,52	0,70	164,5	89,0

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 0,90 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 7,1 sur 100.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME CINQUIÈME

(4me PÉRIODE)

1898. — Nos 1 à 6.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE ET MÉTÉOROLOGIE

PHYSIQUE

CHIMIE

MATHÉMATIQUES

PALÉONTOLOGIE

ZOOLOGIE

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Compte rendu des séances de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel.

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

NÉCROLOGIE

Pl. VI.




A
SAN FRANCISCO
CHICAGO
DETROIT
NEW YORK
ST LOUIS
GALVESTON
17 Fevrier 1898

